



**TUGAS AKHIR - RC14-1501**

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG TOWER C  
APARTEMEN ASPEN ADMIRALTY JAKARTA SELATAN DENGAN  
MENGUNAKAN BAJA-BETON KOMPOSIT**

**YHONA YULIANA**  
**NRP 3113 100 069**

**Dosen Pembimbing**  
**DATA IRANATA, S.T., M.T., Ph.D.**  
**ENDAH WAHYUNI, S.T., MS.c., Ph.D.**

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2017**



**TUGAS AKHIR-RC14-1501**

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR  
GEDUNG TOWER C APARTEMEN ASPEN  
ADMIRALTY JAKARTA SELATAN DENGAN  
MENGUNAKAN BAJA-BETON KOMPOSIT**

**YHONA YULIANA  
NRP. 3113 100 039**

Dosen Pembimbing I:  
Data Iranata, S.T., M.T., Ph.D  
Dosen Pembimbing II:  
Endah Wahyuni, S.T., M.Sc., Ph.D

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**FINAL PROJECT-RC14-1501**

# **STRUCTUR MODIFICATION OF ASPEN ADMIRALTY APARTMENT SOUTH JAKARTA'S TOWER C BUILDING USING STEEL-CONCRETE COMPOSITES**

**YHONA YULIANA  
NRP 3113 100 069**

**Advisor I:  
Data Iranata, S.T., MT., Ph.D  
Advisor II:  
Endah Wahyuni, S.T., M.Sc., Ph.D**

**DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR  
GEDUNG TOWER C APARTEMEN ASPEN  
ADMIRALTY JAKARTA SELATAN DENGAN  
MENGUNAKAN BAJA-BETON KOMPOSIT**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Struktur

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

**YHONA YULIANA**

NRP. 3113 100 069

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. **Data Iranata, ST., MT., Ph.D.**  
**NIP. 198004302005011002**

2. **Endah Wahyuni, ST., MS.c., Ph.D.**  
**NIP. 197002011995122001**

**Surabaya, Juli 2017**



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG TOWER C APARTEMEN ASPEN ADMIRATY JAKARTA SELATAN DENGAN MENGGUNAKAN BAJA-BETON KOMPOSIT**

**Nama Mahasiswa** : Yhona Yuliana  
**NRP** : 3111 100 118  
**Jurusan** : Teknik Sipil FTSP-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Data Iranata, S.T., M.T., Ph.D  
: Endah Wahyuni, S.T., MS.c., Ph.D

## **Abstrak**

Gedung Tower C Apartemen Aspen Admiralty Jakarta Selatan terdiri dari 23 lantai dan 2 basement yang pada awalnya didesain dengan menggunakan struktur beton bertulang. Perencanaan sebelumnya didesain dengan ukuran kolom dan balok yang relatif besar, sehingga menambah berat sendiri dan akan membebani pondasi. Dengan alasan tersebut, perlu diupayakan perampingan konstruksi strukturnya yaitu dengan memodifikasi struktur bangunan tersebut dengan menggunakan struktur beton komposit.

Untuk penyelesaiannya akan dilakukan perancangan dimensi struktur komposit dan kemudian dilakukan analisa struktur dengan menggunakan program SAP2000 untuk mendapatkan dimensi struktur yang optimal.

Tujuan dari Tugas akhir ini adalah menghasilkan perencanaan struktur gedung komposit baja-beton yang rasional dengan memenuhi persyaratan keamanan struktur berdasarkan SNI 2847:2013, SNI 1729:2015, SNI 1726:2012, dan PPIUG 1983. Dari analisa dan hasil perhitungan diperoleh hasil, yaitu tebal plat bondeks 10 cm, dimensi balok induk WF 450x30x11x18, dimensi kolom lantai 1-5 K 588x300x12x20, dimensi kolom 6-15 K

500x200x10x16, dimensi kolom lantai 8-23 K 400x200x8x13. Perencanaan pondasi menggunakan tiang pancang beton pracetak diameter 60 cm dengan kedalaman 30 m.

***Kata Kunci :Baja-Beton, Komposit, Apartemen***

# **STRUCTURE MODIFICATION OF MODIFICATION OF ASPEN ADMIRALTY APARTMENT SOUTH JAKARTA'S TOWER C BUILDING USING STEEL-CONCRETE COMPOSITES**

**Name of student** : Yhona Yuliana  
**NRP** : 3113 100 069  
**Department** : Teknik Sipil FTSP-ITS  
**Supervisor** : Data Iranata, S.T., M.T., Ph.D  
: Endah Wahyuni, S.T., M.Sc., Ph.D

## **Abstract**

Aspen Admiralty Apartment South Jakarta's Tower C building structure is an office that consists of 23 and 2 basement floor which was originally designed using reinforced concrete structures. Advance planning is designed with the size of the columns and beams are relatively large, thereby increasing its own weight and will weigh on the foundation. For these reasons, it is necessary to do streamlining construction by modifying the structure of the building structures using composite concrete structures.

For completion would be the designing dimensions of the composite structure and then analyzed using SAP2000 program structure to obtain the optimal dimensions of the structure.

The purpose of this final project is to produce structural design of steel-concrete composite rational to meet security requirements based on the structure of SNI 2847:2013, SNI 1729:2015, SNI 1726:2012, and PPIUG 1983. Based on the analysis and the result of measurement, the researcher found that the thickness of bondeks plate is 10 cm, the apartemen main beam dimension WF 450x300x11x18, column dimension of the 1<sup>st</sup>-5<sup>th</sup> the floor composite King Cross (K) 588x300x12x20, the 6<sup>th</sup>-15<sup>th</sup>

floor K 500x200x10x16, the 15<sup>th</sup>-23<sup>th</sup> floor K 400x200x8x13. The foundation to use planed use pile of precast concrete with 60 cm diameter and 30 m depth.

***Keywords:*** *Steel-Concrete, Composite, Apartement.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, serta shalawat dan salam yang selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW sehingga kami dapat menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir ini

Selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan, dukungan dan pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat yang besar penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas segala karunia dan kesempatan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua dan keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan baik doa dan materil, dan menjadi motivasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Data Iranata S.T., M.T., Ph.D serta Ibu Endah Wahyuni, S.T., M.Sc., Ph.D selaku dosen konsultasi yang telah banyak memberikan bimbingan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Endah Wahyuni, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Wali penulis.
5. Teman-teman Teknik Sipil yang terus mendukung dan memberikan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan. Seluruh staff dan karyawan Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran dari berbagai pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan Tugas

Akhir ini. Penulis berharap laporan ini nantinya dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK .....	iii
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xvii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat tugas Akhir .....	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Umum.....	5
2.2 Struktur Gedung .....	6
2.3 Struktur Komposit .....	7
2.4 Aksial Komposit.....	10
2.5 Diagram Interaksi Balok-Kolom Komposit .....	12
2.5 Struktur Basement .....	13
 BAB III METODOLOGI	
3.1 Umum.....	15
3.2 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir .....	15
3.3 Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir.....	17
3.3.1 Studi Literatur.....	17
3.3.2 Perencanaan Struktur Sekunder.....	18
3.3.3 Preliminary Design.....	27
3.3.4 Perhitungan Beban Struktur .....	29
3.3.5 Analisis dan Pemodelan Struktur .....	30
3.3.6 Kontrol Perencanaan Struktur Utama.....	30



3.3.7 Perencanaan Sambungan .....	34
3.3.8 Perencanaan Basement .....	35
3.3.9 Perencanaan Pondasi .....	35
3.3.10 Perencanaan Pile Cap .....	37
3.3.11 Penggambaran Hasil Perencanaan .....	37
<b>BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER</b>	
4.1 Umum .....	39
4.1.1 Data Perencanaan .....	39
4.1.2 Perencanaan Tangga .....	40
4.1.3 Perencanaan Pelat Tangga .....	42
4.1.4 Perencanaan Pembebanan Pelat Tangga .....	42
4.1.5 Perencanaan Anak Tangga .....	44
4.1.6 Perencanaan Pelat Bordes .....	47
4.1.7 Perencanaan Balok Bordes .....	49
4.1.8 Perencanaan Balok Utama Tangga .....	52
4.1.9 Perencanaan Balok Penumpu Tangga .....	59
4.2 Perencanaan Ramp .....	61
4.2.1 Dimensi Awal .....	61
4.2.2 Perhitungan Pembebanan dan Analisa Struktur .	62
4.2.3 Analisa Gaya Gaya Dalam .....	63
4.2.4 Perhitungan Tulangan Pelat Ramp .....	66
4.3 Perencanaan Struktural Pelat Lantai .....	71
4.3.1 Pelat Lantai Atap .....	71
4.3.2 Pelat Lantai .....	73
4.3.2 Pelat Lantai Mesin Lift .....	74
4.4 Perencanaan Balok Lift .....	76
4.4.1 Perencanaan Balok Penggantung Lift .....	76
4.4.2 Perencanaan Balok Penumpu Lift .....	81
4.5 Perencanaan Balok Anak dan Lantai .....	84
4.5.1 Kondisi Balok anak sebelum Komposit .....	85
4.5.2 Kondisi Balok anak setelah Komposit .....	89
<b>BAB V PEMODELAN STRUKTUR</b>	
5.1 Pembebanan Struktur Utama .....	98

5.2 Pembebanan Gempa Dinamis .....	100
5.3 Kontrol Desain .....	103
5.3.1 Kontrol Partisipasi Massa.....	104
5.3.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental .....	105
5.3.3 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum.....	107
5.3.4 Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai .....	109
5.3.5 Kontrol Sistem Ganda .....	115
 BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER	
6.1 Umum.....	121
6.2 Perencanaan Balok Induk Memanjang .....	121
6.3 Perencanaan Balok Induk Melintang.....	133
6.4 Perencanaan dinding geser .....	145
6.4 Perencanaan kolom komposit.....	152
 BAB VII PERENCANAAN SAMBUNGAN	
7.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk.....	163
7.2 Sambungan Balok Induk dengan Kolom.....	166
7.2.1 Sambungan Balok Induk Memanjang -Kolom..	166
7.2.1 Sambungan Balok Induk Melintang-Kolom.....	173
7.3 Sambungan Antar Kolom .....	181
7.4 Desain Base Plate .....	187
 BAB VIII PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH	
8.1 Umum.....	193
8.2 Perencanaan Basement .....	193
8.3 Perencanaan Pondasi .....	200
8.3.1 Kriteria Design.....	200
8.4 Daya Dukung Tanah.....	200
8.4.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal.....	200
8.4.2 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok .....	202
8.4.3 Beban-beban diatas Tiang Kelompok .....	204
8.5 Perhitungan Pondasi .....	204
8.5.1 Daya Dukung Satu Tiang Pancang.....	204
8.5.2 Perhitungan Repartisi Beban .....	205

8.5.3 Perencanaan Poer.....	205
8.5.4 Perencanaan Kolom Pedestal.....	209
 BAB IX PENUTUP	
9.1 Kesimpulan.....	211
9.2 Saran.....	212
DAFTAR PUSTAKA.....	213

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Denah Tower C Apartemen Aspen Admiralty .....	2
Gambar 2.1	Balok komposit dengan penghubung geser ...	8
Gambar 2.2	Balok baja diberi selubung beton .....	8
Gambar 2.3	Balok komposit dengan deck (alur gelombang sejajar sumbu balok) .....	8
Gambar 2.4	Balok komposit dengan deck (alur gelombang tegak lurus sumbu balok) .....	8
Gambar 2.5	Profil baja berselubung beton dan profil baja kingcross .....	9
Gambar 2.6	Profil baja berintikan beton .....	9
Gambar 2.7	Balok tanpa aksi komposit yang mengalami defleksi.....	11
Gambar 2.8	Balok dengan aksi komposit yang mengalami defleksi.....	11
Gambar 2.9	Diagram interaksi balok-kolom komposit .....	12
Gambar 2.10	Diagram interaksi balok-kolom komposit yang telah disederhanakan.....	13
Gambar 2.11	Tegangan yang terjadi pada dinding basement.....	14
Gambar 3.1	Bagan Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir .....	16
Gambar 3.2	Penghubung Geser Jenis paku .....	31
Gambar 3.3	Penghubung Geser Baja Kanal .....	32

Gambar 4.1	Tampak atas tangga .....	41
Gambar 4.2	Tampak samping tangga .....	42
Gambar 4.3	Tampak melintang anak tangga .....	44
Gambar 4.4	Sketsa pembebanan pelat anak tangga.....	45
Gambar 4.5	Penampang profil.....	50
Gambar 4.6	Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga ....	53
Gambar 4.7	Diagram bidang M tangga .....	55
Gambar 4.8	Diagram bidang D tangga.....	56
Gambar 4.9	Diagram bidang N tangga.....	57
Gambar 4.10	Pembebanan Balok Penumpu Tangga .....	59
Gambar 4.11	Free Body Diagram .....	65
Gambar 4.12	Diagram bidang N tangga.....	65
Gambar 4.13	Diagram bidang D tangga.....	65
Gambar 4.14	Diagram bidang M tangga .....	66
Gambar 4.15	Potongan pelat lantai atap.....	73
Gambar 4.16	Potongan pelat lantai apartemen .....	74
Gambar 4.17	Potongan pelat lantai mesin lift .....	75
Gambar 4.18	Denah Lift.....	77
Gambar 4.19	Sketsa perhitungan balok penggantung lift....	79
Gambar 4.20	Sketsa perhitungan balok penumpu lift .....	82
Gambar 4.21	Bidang D dan M pada komposit balok sebelum komposit .....	86
Gambar 4.22	Bidang D dan M pada komposit balok setelah komposit .....	90
Gambar 4.23	Gaya yang terjadi pada balok komposit.....	92

Gambar 4.24	Lebar transformasi balok komposit .....	93
Gambar 5.1	Denah Struktur Apartemen Aspen Admiralty .....	97
Gambar 5.2	Permodelan 3D Struktur Utama.....	98
Gambar 5.3	Peta untuk Menentukan Harga $S_s$ .....	101
Gambar 5.4	Peta untuk Menentukan Harga $S_1$ .....	101
Gambar 6.1	Bidang momen dan geser balok induk memanjang sebelum komposit pada SAP2000 v14.2.5 .....	122
Gambar 6.2	Bidang momen dan geser balok induk memanjang setelah komposit pada SAP2000 .....	125
Gambar 6.3	Gaya yang terjadi pada balok komposit.....	126
Gambar 6.4	Lebar transformasi balok komposit .....	128
Gambar 6.5	Distribusi Tegangan Negatif Balok Induk Memanjang .....	130
Gambar 6.6	Penampang bondeks .....	132
Gambar 6.7	Bidang momen dan geser balok induk melintang sebelum komposit pada SAP2000 v14.2.5 .....	133
Gambar 6.8	Bidang momen dan geser balok induk melintang setelah komposit pada SAP2000...	138
Gambar 6.9	Gaya yang terjadi pada balok komposit.....	139
Gambar 6.10	Lebar transformasi balok komposit .....	140
Gambar 6.11	Distribusi Tegangan Negatif Balok Induk Melintang.....	142
Gambar 6.12	Penampang bondeks .....	144

Gambar 6.13	Denah Penampang shearwall.....	145
Gambar 6.14	Penampang Kolom Komposit.....	156
Gambar 6.15	Portal Bangunan .....	159
Gambar 7.1	Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk.....	165
Gambar 7.2	Gaya – Gaya yang Bekerja pada Profil T untuk Sambungan Balok Induk Memanjang dengan Kolom.....	170
Gambar 7.3	Sambungan Balok Induk Memanjang dengan Kolom.....	173
Gambar 7.4	Sambungan Balok Induk Melintang dengan Kolom.....	181
Gambar 7.5	Sambungan Antar Kolom .....	187
Gambar 7.6	Desain Baseplate.....	189
Gambar 8.1	Diagram Tegangan Tekanan Tanah.....	193
Gambar 8.2	Hasil Analisis Kolom Pedestal dengan PCACOL .....	210

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek.....	28
Tabel 3.2	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 detik .....	28
Tabel 3.3	Beban Hidup pada Struktur.....	29
Tabel 3.4	Beban Hidup pada Struktur.....	29
Tabel 5.1	Koefisien Situs $F_a$ .....	102
Tabel 5.2	Koefisien Situs $F_v$ .....	102
Tabel 5.3	Rasio Partisipasi Massa .....	104
Tabel 5.4	Periode Struktur .....	106
Tabel 5.5	Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa.....	107
Tabel 5.6	Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa Setelah Dikalikan dengan Faktor Skala .....	108
Tabel 5.7	Simpangan Antar Lantai yang Terjadi Akibat Beban Gempa.....	110
Tabel 5.8	Kontrol Simpangan Arah X Akibat Beban Gempa Arah X.....	111
Tabel 5.9	Kontrol Simpangan Arah Y Akibat Beban Gempa Arah X.....	112
Tabel 5.10	Kontrol Simpangan Arah X Akibat Beban Gempa Arah Y .....	113
Tabel 5.11	Kontrol Simpangan Arah Y Akibat Beban Gempa Arah Y .....	114
Tabel 5.12	Kontrol Sistem Ganda.....	116



***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

# **BAB I**

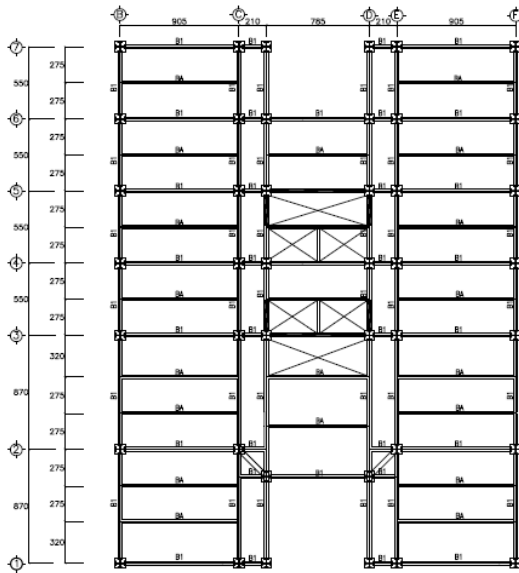
## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Kota Jakarta merupakan kota dengan jumlah penduduk yang padat. Kebutuhan akan sarana dan prasarana pendukung di kota tersebut juga sangat besar, salah satunya adalah kebutuhan tempat tinggal. Sementara itu, ketersediaan lahan di kota tersebut semakin sedikit, hal ini menjadi alasan mengapa bangunan Apartemen di kota Jakarta dibangun bertingkat tinggi dan salah satu contohnya adalah gedung Tower C Apartemen Aspen Admiralty Jakarta Selatan.

Proyek pembangunan gedung Tower C Apartemen Aspen Admiralty berlokasi di Jakarta Selatan memiliki 23 lantai dan 2 basement. Perencanaan apartemen ini akan dimodifikasi dengan beberapa penyesuaian, sesuai dengan keinginan penulis. Modifikasi yang akan dilakukan adalah mengganti struktur yang telah direncanakan sebelumnya yaitu beton bertulang dengan struktur komposit baja dan beton. Dan dalam pengerjaan tugas akhir ini akan dimodifikasi serupa dengan keadaan gedung tersebut yaitu memiliki 23 lantai dan 2 basement dengan menggunakan Baja-Beton Komposit.

Digunkaan Baja-Beton Komposit karena pembangunan saat ini menuntut pembangunan yang cepat dan mutu terjamin. Penggunaan baja komposit memungkinkan pemanfaatan seluruh penampang dalam menerima beban, karena adanya interaksi antara komponen struktur baja dan beton yang karakteristik dasar masing-masing bahan dimanfaatkan secara optimal, sehingga dengan penampang melintang yang lebih kecil, beban yang mampu dipikul serta panjang bentangnya sama dengan beton bertulang biasa.



**Gambar 1.1** Denah Tower C Apartemen Aspen Admiralty

Struktur komposit merupakan kombinasi beton dengan baja profil yang membentuk suatu kesatuan dan bekerja bersama-sama dalam memikul beban. Bila pada beton bertulang gaya-gaya tarik yang dialami suatu elemen struktur dipikul oleh besi tulangan, maka pada beton komposit gaya-gaya tarik tarik tersebut dipikul oleh profil baja. Perencanaan komposit memiliki beberapa keuntungan seperti:

1. Penghematan berat baja
2. Penampang balok baja dapat lebih rendah
3. Kekakuan lantai meningkat
4. Panjang bentang untuk batang tertentu dapat lebih besar
5. Kapasitas pemikul beban meningkat

Struktur komposit semakin banyak digunakan dalam rekayasa struktur. Dari beberapa penelitian, struktur komposit mampu memberikan kinerja struktur yang baik dan efektif dalam

meningkatkan kapasitas pembebanan, kekakuan dan keunggulan ekonomis (Rinaldi dan Ruslailang, 2005 dalam Arifin, 2011).

Sistem yang digunakan dalam memodifikasi gedung Tower C Apartemen Aspen Admiralty dengan menggunakan system ganda pemikul momen khusus. Pedoman yang digunakan adalah SNI 2847:2013 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan SNI 1729:2015 tentang spesifikasi untuk bangunan gedung baja structural, SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung, PPIUG 1983 mengenai Peraturan Pembebanan. Dengan berbagai alasan diatas maka dapat diambil judul tugas akhir yaitu Modifikasi gedung Tower C Apartemen Aspen Admiralty Jakarta Selatan dengan Menggunakan Baja Komposit.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam modifikasi perencanaan gedung apartemen Aspen Admiralty dengan menggunakan struktur komposit baja beton ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menghitung pembebanan setelah modifikasi?
2. Bagaimana merencanakan struktur sekunder meliputi pelat, balok anak, dan tangga?
3. Bagaimana merencanakan struktur primer meliputi balok dan kolom komposit baja beton berikut sambungan-sambungannya?
4. Bagaimana memodelkan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu SAP?
5. Bagaimana merencanakan pondasi yang sesuai dengan besar beban yang dipikul dan kondisi tanah dilapangan?
6. Bagaimana menuangkan hasil perencanaan dan perhitungan dalam bentuk gambar teknik?

### 1.3. Tujuan

Secara garis besar, tujuan dari penyusunan tugas akhir modifikasi gedung Tower C Apartemen Aspen Admiralty Jakarta Sekatan dengan struktur komposit baja beton adalah sebagai berikut:

1. Merencanakan struktur sekunder meliputi pelat, balok anak, tangga
2. Merencanakan struktur primer meliputi balok dan kolom komposit baja beton berikut sambungan-sambungannya
3. Memodelkan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu SAP
4. Merencanakan pondasi yang sesuai dengan besar beban yang dipikul dan kondisi tanah dilapangan
5. Menuangkan hasil perencanaan dan perhitungan dalam bentuk gambar teknik

### 1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah yang ada dalam penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Perhitungan sambungan meliputi balok-kolom dan kolom-kolom
2. Perencanaan gedung ditinjau dari segi teknik saja seperti : perencanaan balok anak, tangga, balok induk, kolom, pondasi dan analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000
3. Perencanaan tidak membuat segi metode pelaksanaan, analisa biaya, arsitektural dan manajemen konstruksi

### 1.5. Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Menambah wawasan dan mengaplikasikan teori yang telah diperoleh selama masa perkuliahan.
2. Memberi alternatif sistem struktur lain yang lebih efisien.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Sejak akhir abad ke-19 metode pengolahan baja yang murah dikembangkan secara luas. Kerangka baja yang menyanggah konstruksi pelat beton bertulang yang dicor ditempat, sebelumnya didesain berdasarkan asumsi bahwa pelat beton dan baja dalam menahan beban bekerja secara terpisah. Pengaruh komposit dari pelat beton dan baja yang bekerja bersama-sama tidak diperhitungkan. Pengabaian ini berdasarkan asumsi bahwa ikatan antara pelat beton dengan bagian atas balok baja tidak dapat diandalkan. Namun dengan berkembangnya teknik pengelasan, pemakaian alat penyambung geser (*shear connector*) mekanis menjadi praktis untuk menahan gaya geser horizontal yang timbul ketika batang terlentur. (*Salmon & Johnson, 1991*)

Struktur baja komposit dalam aplikasinya dapat merupakan elemen dari bangunan, baik sebagai kolom, balok, dan pelat. Struktur balok komposit terdiri dari dua tipe yaitu balok komposit dengan penghubung geser dan balok komposit yang diselubungi beton. Kolom komposit dapat merupakan tabung atau pipa baja yang dicor beton atau baja profil yang diselimuti beton dengan tulangan longitudinal dan diikat dengan tulangan lateral. Pada struktur pelat komposit digunakan pelat beton yang bagian bawahnya diperkuat dengan dek baja bergelombang. (*Widiarsa & Deskata, 2007*)

Karena struktur komposit melibatkan dua macam material yang berbeda, maka perhitungan kapasitasnya tidak sederhana bila struktur bukan komposit. Karakteristik dan dimensi kedua bahan akan menentukan pemilihan jenis profil dan plat beton yang akan dikomposisikan dan bagaimana kinerja struktur tersebut. (*Suprobo, 2000*)

## 2.2 Struktur Gedung

Pembagian keteraturan gedung diatur dalam SNI 1726:2012 pasal 7.3.2. Adapun penggolongannya sebagai berikut:

- 1) Struktur Gedung Beraturan  
Pengaruh gempa rencana struktur gedung beraturan dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa statik ekuivalen.
- 2) Struktur Gedung Tidak Beraturan  
Struktur gedung tidak beraturan harus diatur menggunakan pembebanan gempa dinamik. Sehingga menggunakan analisa respons dinamik.

Perancangan gedung dalam Tugas Akhir ini adalah merupakan struktur gedung tidak beraturan, sehingga menggunakan analisa respons dinamik.

### Dinding Geser

Dinding geser adalah jenis struktur dinding yang berbentuk beton bertulang yang biasanya dirancang untuk menahan geser, gaya lateral akibat gempa bumi. Dengan adanya dinding geser yang kaku pada bangunan, sebagian besar beban gempa akan terserap oleh dinding geser tersebut.

Berdasarkan letak dan fungsinya, shear wall / dinding geser dapat diklasifikasikan dalam 3 jenis yaitu:

1. Bearing walls adalah dinding geser yang juga mendukung sebagian besar beban gravitasi. Tembok-tembok ini juga menggunakan dinding partisi antar apartemen yang berdekatan.
2. Frame walls adalah dinding geser yang menahan beban lateral, dimana beban gravitasi berasal dari frame beton bertulang. Tembok-tembok ini dibangun diantara baris kolom.
3. Core walls adalah dinding geser yang terletak di dalam wilayah inti pusat dalam gedung, yang biasanya diisi tangga atau poros lift. Dinding yang terletak di kawasan inti pusat

memiliki fungsi ganda dan dianggap menjadi pilihan ekonomis.

Fungsi shear wall / dinding geser ada 2, yaitu kekuatan dan kekakuan, artinya:

#### 1. Kekuatan

- Dinding geser harus memberikan kekuatan lateral yang diperlukan untuk melawan kekuatan gempa horizontal.
- Ketika dinding geser cukup kuat, mereka akan mentransfer gaya horizontal ini ke elemen berikutnya dalam jalur beban di bawah mereka, seperti dinding geser lainnya, lantai, pondasi dinding, lembaran atau footings.

#### 2. Kekakuan

- Dinding geser juga memberikan kekakuan lateral untuk mencegah
- atap atau lantai di atas dari sisi - goyangan yang berlebihan.
- Ketika dinding geser cukup kaku, mereka akan mencegah membingkai
- lantai dan atap anggota dari bergerak dari mendukung mereka.

Juga, bangunan yang cukup kaku biasanya akan menderita kerusakan kurang nonstruktural

### 2.3 Struktur Komposit

Batang komposit adalah batang yang terdiri dari profil baja dan beton yang digabung bersama untuk memikul beban tekan dan atau lentur. Batang yang memikul lentur umumnya disebut dengan balok komposit. Sedangkan batang yang memikul beban tekan umumnya disebut dengan kolom komposit.

#### 1) Balok Komposit

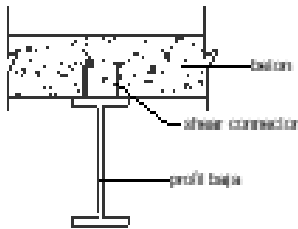
Balok adalah salah satu diantara elemen-elemen struktur yang paling banyak dijumpai pada setiap struktur. Balok adalah elemen struktur yang memikul beban yang bekerja tegak lurus dengan sumbu longitudinalnya. (*Spiegel & Limbrunner, 1998*).



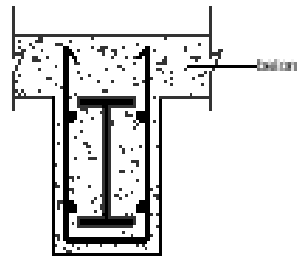
- Tipe balok komposit:

Ada dua tipe dari balok komposit, antara lain:

- a. Balok komposit dengan penghubung geser
- b. Balok baja yang diberi selubung beton



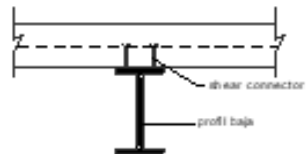
**Gambar 2. 1** Balok komposit dengan penghubung geser



**Gambar 2. 2** Balok komposit yang diberi selubung beton



**Gambar 2. 3** Balok komposit dengan deck (alur gelombang sejajar sumbu balok)



**Gambar 2. 4** Balok komposit dengan deck (alur gelombang tegak lurus sumbu balok)

Keuntungan yang didapatkan dengan menggunakan balok komposit yaitu penghematan berat baja, penampang balok baja dapat lebih rendah, kekakuan lantai meningkat, panjang bentang untuk batang tertentu dapat lebih besar, kapasitas pemikul beban meningkat. Penghematan berat baja sebesar 20 % sampai 30 % seringkali dapat diperoleh dengan memanfaatkan semua keuntungan dari sistem komposit. Pengurangan berat pada balok baja ini biasanya memungkinkan pemakaian penampang yang

lebih rendah dan juga lebih ringan. Keuntungan ini bisa banyak mengurangi tinggi bangunan bertingkat banyak sehingga diperoleh penghematan bahan bangunan yang lain seperti dinding luar dan tangga (*Salmon & Johnson, 1991*)

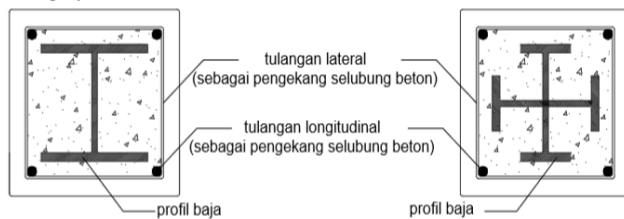
Dalam perencanaan tugas akhir gedung Tower C Apartemen Aspen Admiralty Jakarta Selatan, digunakan balok komposit dengan penghubung geser sebagai balok.

## 2) Kolom Komposit

Ada dua tipe kolom komposit, yaitu:

### a. Kolom baja berselubung beton

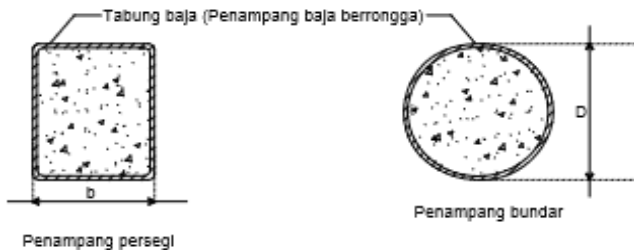
Kolom baja berselubung beton adalah kolom komposit terbuat dari profil baja yang diberi selubung beton disekelilingnya.



**Gambar 2. 5** Profil baja berselubung beton dan profil baja kingcross

### b. Kolom baja berintikan beton

Kolom baja berintikan beton adalah kolom komposit yang terdiri dari penampang baja berongga yang berisi beton.



**Gambar 2. 6** Profil baja berintikan beton

Pada kolom baja berselubung beton, penambahan beton dapat menunda terjadinya kegagalan *lokal buckling* pada profil baja, ketahanan terhadap api dan korosi yang lebih baik dibandingkan kolom baja biasa, kemampuan kolom komposit memikul beban aksial dan lentur lebih besar dibandingkan kolom beton bertulang, sementara itu material baja disini berfungsi sebagai penahan beban yang terjadi setelah beton gagal. Keuntungan di atas didapat karena terlindungnya profil baja oleh beton bertulang yang menyelimutinya. Sedangkan untuk kolom baja berintikan beton, kehadiran material baja dapat meningkatkan kekuatan dari beton serta beton dapat menghalangi terjadinya *lokal buckling* pada baja. (Ruddy Jhon L, 2005)

Kolom komposit merupakan suatu solusi hemat untuk kasus dimana kapasitas beban tambahan yang diinginkan lebih besar dibandingkan dengan penggunaan kolom baja sendiri. Kolom komposit juga menjadi solusi yang efektif untuk berbagai permasalahan yang ada pada desain praktis. Salah satunya, yaitu jika beban yang terjadi pada struktur kolom sangatlah besar, maka penambahan material beton pada struktur kolom dapat memikul beban yang terjadi, sehingga ukuran profil baja tidak perlu diperbesar lagi. (Leon & Griffis, 2005)

Dalam perencanaan tugas akhir gedung Tower C Apartemen Aspen Admiralty ini, digunakan profil baja kingcross sebagai kolom.

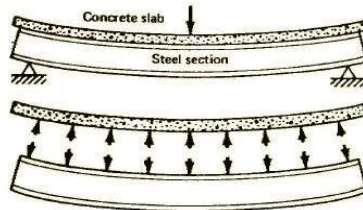
## 2.4 Aksial Komposit

Aksi komposit terjadi apabila dua batang struktural pemikul beban seperti pada pelat beton dan balok baja sebagai penyangganya dihubungkan secara menyeluruh dan mengalami defleksi sebagai satu kesatuan. Berikut ini adalah perbedaan antara balok komposit dan non-komposit saat melendut: (Salmon & Johnson, 1997)

### a. Balok non-komposit

Pada balok non komposit, pelat beton dan balok baja tidak bekerja bersama-sama sebagai satu kesatuan karena tidak terpasang alat penghubung geser, sehingga masing-masing

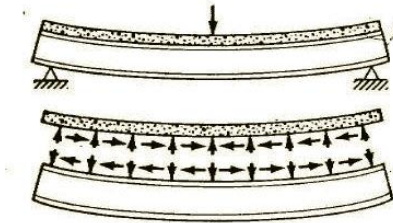
memikul beban secara terpisah. Apabila balok non komposit mengalami defleksi pada saat dibebani, maka permukaan bawah pelat beton akan tertarik dan mengalami perpanjangan sedangkan permukaan atas dari balok baja akan tertekan dan mengalami perpendekan. Karena penghubung geser tidak terpasang pada bidang pertemuan antara pelat beton dan balok baja maka pada bidang kontak tersebut tidak ada gaya yang menahan perpanjangan serat bawah pelat dan perpendekan serat atas balok baja. Dalam hal ini, pada bidang kontak tersebut hanya bekerja gaya geser vertikal.



**Gambar 2. 7** Balok tanpa aksi komposit mengalami defleksi

b. Balok komposit

Pada balok komposit, pada bidang pertemuan antara pelat beton dan balok baja dipasang alat penghubung geser sehingga pelat beton dan balok baja bekerja sebagai satu kesatuan. Pada bidang kontak tersebut bekerja gaya geser vertikal dan horisontal, dimana gaya geser horisontal tersebut akan menahan perpanjangan serat bawah pelat dan perpendekan serat atas balok baja.



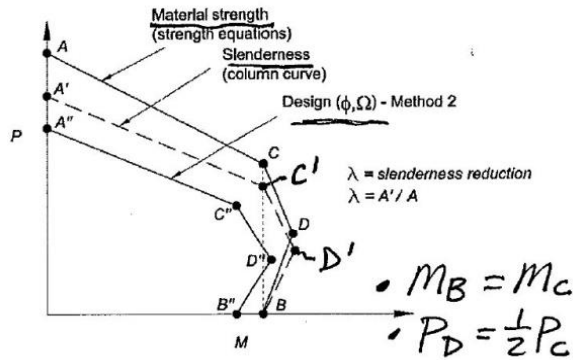
**Gambar 2. 8** Balok dengan aksi komposit yang mengalami defleksi

Pada dasarnya aksi komposit pada balok komposit dapat tercapai atau tidaknya tergantung dari penghubung gesernya. Biasanya penghubung geser diletakkan disayap atas profil baja. Hal ini bertujuan untuk mengurangi terjadinya slip pada pelat beton dengan balok baja. (*Qing Quan Liang, 2004*)

## 2.5 Diagram Interaksi Balok-Kolom Komposit

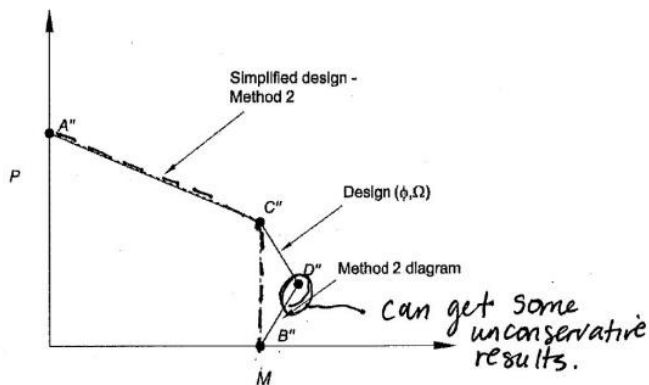
Kapasitas penampang komposit untuk menahan kombinasi gaya aksial dan momen lentur dapat digambarkan dalam suatu bentuk kurva interaksi antara kedua gaya tersebut, disebut diagram interaksi  $P - M$  kolom.

Setiap titik dalam kurva tersebut menunjukkan kombinasi kekuatan gaya nominal  $P_n$  (atau  $\phi P_n$ ) dan momen nominal  $M_n$  (atau  $\phi M_n$ ) yang sesuai dengan lokasi sumbu netralnya.



**Gambar 2. 9** Diagram interaksi balok-kolom komposit

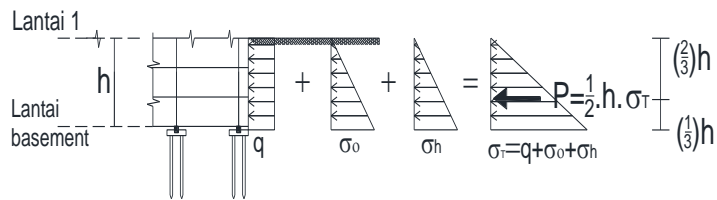
Diagram interaksi tersebut disederhanakan, sebagai berikut:



**Gambar 2. 10** Diagram interaksi balok-kolom komposit yang telah disederhanakan

## 2.6 Struktur Basement

Perencanaan dinding *basement* dapat juga difungsikan sebagai dinding penahan tanah. Karena lantai *basement* berada di dalam tanah, maka dinding *basement* mengalami tegangan tanah, tegangan akibat air tanah arah horisontal dan akibat kendaraan



**Gambar 2. 11** Tegangan yang terjadi pada dinding basement

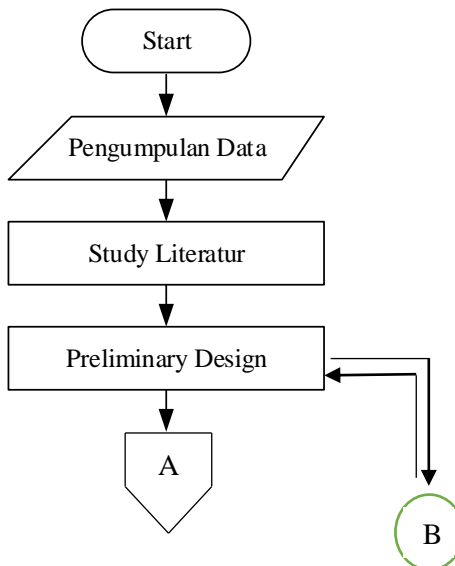
## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Umum**

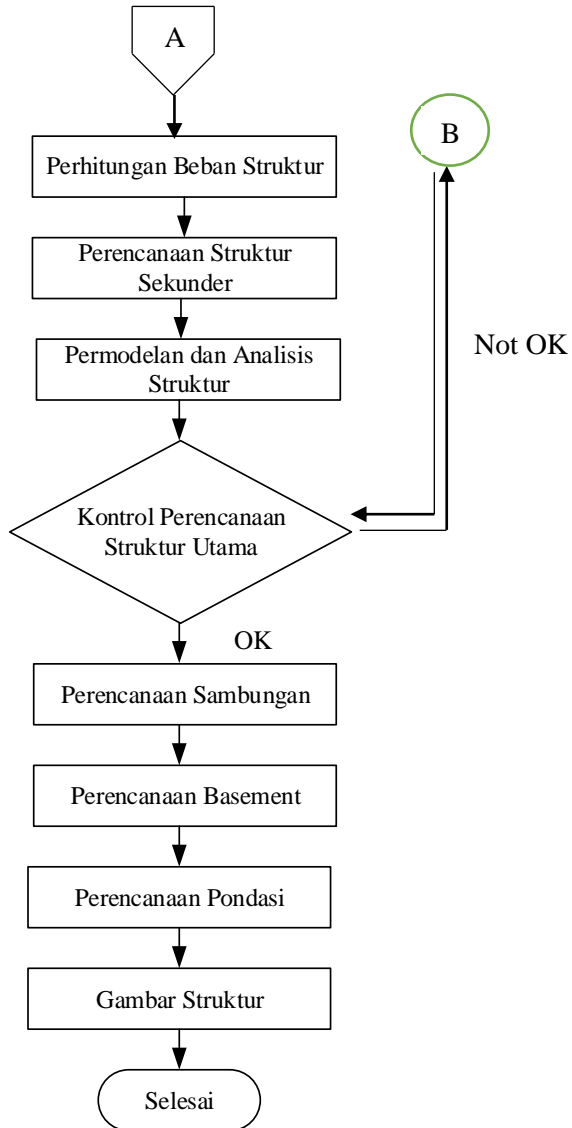
Sebelum mengerjakan Tugas Akhir, maka perlu disusun langkah – langkah pengerjaan sesuai dengan uraian kegiatan yang akan dilakukan. Urutan pelaksanaannya dimulai dari pengumpulan literatur dan pedoman perancangan, sampai mencapai tujuan akhir dari analisa struktur yang akan disajikan.

### **3.2 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir**

Langkah-langkah yang dilakukan untuk mengerjakan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:







**Gambar 3.1** Bagan Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir

### 3.3 Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir

Dari diagram alur di atas dapat dijelaskan metodologi yang dipakai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Data umum bangunan:

1. Nama Gedung : Gedung Tower C Apartemen Aspen Admiralty Jakarta Selatan
2. Lokasi : Jakarta Selatan
3. Fungsi : Apartemen (Tempat Tinggal)
4. Jumlah Lantai : 2 Basement dan 23 Lantai
5. Tinggi Gedung : 80,75 m
6. Material Struktur : Beton bertulang
7. Kondisi tanah : Tanah lunak
8. Data Tanah : Terlampir

#### 3.3.1 Studi Literatur

Melakukan studi terhadap literatur yang berkaitan dengan topik Tugas Akhir mengenai perencanaan bangunan struktur baja komposit. Literatur yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983
- b. SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung
- c. SNI 1726:2015 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung
- d. SNI 2847:2013 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung
- e. Buku Ajar Struktur Baja 2 (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)
- f. Buku Daya Dukung Pondasi Dalam (Herman Wahyudi)

Adapun Tugas Akhir ini akan dimodifikasi perencanaannya menggunakan material baja dengan data-data sebagai berikut:

1. Nama Gedung : Gedung Tower C Apartemen Aspen Admiralty Jakarta Selatan
2. Lokasi : Jakarta Selatan

3. Fungsi : Apartemen (Tempat Tinggal)
4. Jumlah Lantai : 2 Basement dan 23 Lantai
5. Tinggi Gedung : 80,75 m
6. Material Struktur : Baja-beton komposit
7. Kondisi tanah : Tanah lunak
8. Data Tanah : Terlampir

### 3.3.2 Perencanaan struktur sekunder

Melakukan perencanaan struktur sekunder yang meliputi plat lantai, balok anak, tangga dan lift.

#### A. Perencanaan tangga baja

Mengacu pada SNI 1729:2015 pasal B4 dan pasal F berdasarkan SNI 1729:2015 pasal B4.1, penampang yang mengalami tekuk lokal diklasifikasikan sebagai elemen nonlangsing dan penampang elemen-langsing. Untuk profil elemen nonlangsing, rasio tebal-terhadap-lebar dari elemen tekan tidak boleh melebihi  $\lambda_r$  dari Tabel B4.1. Jika rasio tersebut melebihi  $\lambda_r$ , disebut penampang dengan elemen-langsing.

$$\lambda_r = 1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.1)$$

Untuk kondisi lentur, penampang diklasifikasikan sebagai penampang kompak, nonkompak atau penampang elemen-langsing.

Untuk penampang kompak, sayap-sayapnya harus menyatu dengan bagian badan dengan rasio tebal terhadap lebar dari elemen tekannya tidak boleh melebihi batasnya,  $\lambda_p$ , dari Tabel B4.1b. Jika rasio tebal terhadap lebar kurang dari satu atau lebih elemen tekan melebihi  $\lambda_r$ , disebut penampang dengan elemen-langsing.

$$\lambda_r = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ dan } \lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.2)$$

Keterangan:

$E$  = modulus elastis baja = 200 000 MPa

$F_y$  = tegangan leleh minimum yang disyaratkan, MPa

## B. Perencanaan pelat lantai komposit

Mengacu pada SNI 1729:2015 pasal I3 dan I4 berdasarkan SNI 1729:2015 pasal I3.3 dan pasal F2, kekuatan lentur tersedia dari komponen struktur terbungkus beton harus merupakan nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh (momen plastis) dan tekuk torsi-lateral:

### 1. Pelelehan

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x \quad (3.3)$$

$$\phi_b = 0,90(\text{DFBK})$$

Keterangan:

$F_y$  = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari tipe baja yang digunakan, MPa

$Z_x$  = modulus penampang plastis di sumbu x, mm<sup>3</sup>

### 2. Tekuk Torsi-Lateral

a) Bila  $L_b \leq L_p$ , keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan.

b) Bila  $L_p \leq L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (3.4)$$

$$C_b = \frac{12,5M_{\text{maks}}}{2,5M_{\text{maks}} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \quad (3.5)$$

c)  $L_b \geq L_r$

$$M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p \quad (3.6)$$

Keterangan:

$M_{\text{maks}}$  = nilai mutlak momen maksimum dalam segmen tanpa dibreising, N-mm.

$M_A$  = nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tanpa breising, N-mm.

$M_B$  = nilai mutlak momen pada sumbu segmen tanpa dibreising, N-mm.

$M_C$  = nilai mutlak momen pada titik tiga- perempat dari segmen tanpa dibreising, Nmm.

$L_b$  = panjang antara titik-titik, baik yang dibreising melawan perpindahan lateral sayap tekan atau dibreising melawan puntir penampang melintang, mm.

$$F_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x \cdot h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \quad (3.7)$$

$E$  = modulus elastis baja = 200 000 MPa.

$J$  = konstanta torsi, mm<sup>4</sup>.

$S_x$  = modulus penampang elastis di sumbu x, mm<sup>3</sup>

$h_o$  = jarak antar titik berat sayap, mm.

$r_{ts}$  = radius girasi dari sayap tekan ditambah seperenam dari badan.

Kekuatan lentur nominal,  $M_n$ , harus ditentukan dengan menggunakan salah satu dari metode berikut:

- a) Superposisi dari tegangan elastis pada penampang komposit, yang memperhitungkan efek penopangan, untuk keadaan batas dari leleh (momen leleh).
- b) Distribusi tegangan plastis pada penampang baja sendiri, untuk keadaan batas dari leleh (momen plastis) pada penampang baja.  
 $\phi_b = 0,90$ (LRFD)
- c) Distribusi tegangan plastis pada penampang komposit atau metode kompatibilitas regangan, untuk keadaan batas dari leleh (momen plastis) pada penampang komposit. Untuk komponen struktur terbungkus beton, angkur baja harus disediakan.

Berdasarkan SNI 1729:2015 pasal I4.1, kekuatan geser desain,  $\phi_v V_n$ , harus ditentukan berdasarkan satu dari yang berikut:

1. Kekuatan geser yang tersedia dari penampang baja sendiri seperti disyaratkan dalam SNI 1729:2015 pasal G2:

Kekuatan geser nominal dari badan tidak diperkaku atau diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser adalah:

$$V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v \quad (3.8)$$

untuk badan komponen struktur profil-I canai panas dengan:

$$h/tw \leq 2,24\sqrt{E/F_y}$$

$$\phi_v = 1.00 \text{ (DBFK) dan } C_v = 1.0$$

2. Kekuatan geser yang tersedia dari bagian beton bertulang (beton ditambah tulangan baja) sendiri seperti dijelaskan oleh ACI 318 dengan:

$$\phi_b = 0,75 \text{ (DFBK)}$$

3. Kekuatan geser nominal dari penampang baja seperti dijelaskan dalam SNI 1729:2015 pasal G ditambah kekuatan nominal dari baja tulangan seperti dijelaskan oleh ACI 318 dengan kombinasi ketahanan atau *faktor keamanan* dari:

$$\phi_b = 0,75 \text{ (DFBK)}$$

### C. Perencanaan pelat atap komposit

Mengacu pada SNI 1729:2015 pasal I3 dan I4 berdasrkan SNI 1729:2015 pasal I3.3 dan pasal F2, kekuatan lentur tersedia dari komponen struktur terbungkus beton harus merupakan nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh (momen plastis) dan tekuk torsi lateral:

1. Pelelehan

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x \quad (3.9)$$

$$\phi_b = 0,90 \text{ (DFBK)}$$

keterangan

$F_y$  = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari tipe baja yang digunakan, MPa

$Z_x$  = modulus penampang plastis di sumbu x, mm<sup>3</sup>

1. Tekuk Torsi-Lateral

- a) Bila  $L_b \leq L_p$ , keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan.

b) Bila  $L_p \leq L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (3.10)$$

$$C_b = \frac{12,5M_{maks}}{2,5M_{maks} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \quad (3.11)$$

c)  $L_b \geq L_r$

$$M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p \quad (3.12)$$

Keterangan:

$M_{maks}$  = nilai mutlak momen maksimum dalam segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_A$  = nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_B$  = nilai mutlak momen pada sumbu segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_C$  = nilai mutlak momen pada titik tiga-perempat dari segmen tanpa dibreising, N-mm

$L_b$  = panjang antara titik-titik, baik yang dibreising melawan perpindahan lateral sayap tekan atau dibreising melawan puntir penampang melintang, mm

$$F_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E}{\left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x \cdot h_o} \left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \quad (3.13)$$

$E$  = modulus elastis baja = 200 000 MPa

$J$  = konstanta torsi, mm<sup>4</sup>

$S_x$  = modulus penampang elastis di sumbu x, mm<sup>3</sup>

$h_o$  = jarak antar titik berat sayap, mm

$r_{ts}$  = radius girasi dari sayap tekan ditambah seperenam dari badan

Kekuatan lentur nominal,  $M_n$ , harus ditentukan dengan menggunakan salah satu dari metode berikut:

a) Superposisi dari tegangan elastis pada penampang komposit, yang memperhitungkan efek penopangan, untuk keadaan batas dari leleh (momen leleh).

- b) Distribusi tegangan plastis pada penampang baja sendiri, untuk keadaan batas dari leleh (momen plastis) pada penampang baja.  
 $\phi_b = 0,90(\text{LRFD})$
- c) Distribusi tegangan plastis pada penampang komposit atau metode kompatibilitas regangan, untuk keadaan batas dari leleh (momen plastis) pada penampang komposit. Untuk komponen struktur terbungkus-beton, *angkur baja* harus disediakan. Berdasarkan SNI 1729:2015 pasal I4.1, kekuatan geser desain,  $\phi_v V_n$ , harus ditentukan berdasarkan satu dari yang berikut:

Kekuatan geser yang tersedia dari penampang baja sendiri seperti disyaratkan dalam SNI 1729:2015 pasal G2:

1. Kekuatan geser nominal dari badan tidak diperkaku atau diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser adalah:  

$$V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v \quad (3.14)$$
 untuk badan komponen struktur profil-I canai panas dengan:  

$$h/t_w \leq 2,24 \sqrt{E/F_y}$$

$$\phi_v = 1,00 \text{ (DBFK) dan } C_v = 1,0$$
2. Kekuatan geser yang tersedia dari bagian beton bertulang (beton ditambah tulangan baja) sendiri seperti dijelaskan oleh ACI 318 dengan:  

$$\phi_b = 0,75 \text{ (DFBK)}$$
3. Kekuatan geser nominal dari penampang baja seperti dijelaskan dalam SNI 1729:2015 pasal G ditambah kekuatan nominal dari baja tulangan seperti dijelaskan oleh ACI 318 dengan kombinasi ketahanan atau *faktor keamanan* dari:  

$$\phi_b = 0,75 \text{ (DFBK)}$$

#### **D. Perencanaan balok anak komposit**

Mengacu pada SNI 1729:2015 pasal I3 berdasar SNI 1729:2015 pasal I3.3 dan pasal F2, kekuatan lentur tersedia dari komponen struktur terbungkus beton harus merupakan nilai



terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh (momen plastis) dan tekuk torsi lateral:

1. Pelelehan

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = F_y \cdot Z_x \\ \phi_b &= 0,90(\text{DFBK}) \end{aligned} \quad (3.15)$$

Keterangan:

$F_y$  = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari tipe baja yang digunakan, MPa

$Z_x$  = modulus penampang plastis di sumbu x, mm<sup>3</sup>

2. Tekuk Torsi-Lateral

a) Bila  $L_b \leq L_p$ , keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan.

b) Bila  $L_p \leq L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (3.16)$$

$$C_b = \frac{12,5M_{\text{maks}}}{2,5M_{\text{maks}} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \quad (3.17)$$

c)  $L_b \geq L_r$

$$M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p \quad (3.18)$$

Keterangan:

$M_{\text{maks}}$  = nilai mutlak momen maksimum dalam segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_A$  = nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_B$  = nilai mutlak momen pada sumbu segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_C$  = nilai mutlak momen pada titik tiga-perempat dari segmen tanpa dibreising, N-mm

$L_b$  = panjang antara titik-titik, baik yang dibreising melawan perpindahan lateral sayap tekan atau dibreising melawan puntir penampang melintang, mm

$$F_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x \cdot h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \quad (3.19)$$

$E$  = modulus elastis baja = 200 000 MPa

$J$  = konstanta torsi, mm<sup>4</sup>

$S_x$  = modulus penampang elastis di sumbu x, mm<sup>3</sup>

$h_o$  = jarak antar titik berat sayap, mm

$r_{ts}$  = radius girasi dari sayap tekan ditambah seperenam dari badan

Kekuatan lentur nominal,  $M_n$ , harus ditentukan dengan menggunakan salah satu dari metode berikut:

- a) Superposisi dari tegangan elastis pada penampang komposit, yang memperhitungkan efek penopangan, untuk keadaan batas dari leleh (momen leleh).
- b) Distribusi tegangan plastis pada penampang baja sendiri, untuk keadaan batas dari leleh (momen plastis) pada penampang baja.  
 $\phi_b = 0,90$ (LRFD)
- c) Distribusi tegangan plastis pada penampang komposit atau metode kompatibilitas-regangan, untuk keadaan batas dari leleh (momen plastis) pada penampang komposit. Untuk komponen struktur terbungkus-beton, *angkur baja* harus disediakan.

### E. Perencanaan balok lift komposit

Mengacu pada SNI 1729:2015 pasal I3 berdasarakan SNI 1729:2015 pasal I3.3 dan pasal F2, kekuatan lentur tersedia dari komponen struktur terbungkus beton harus merupakan nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh (momen plastis) dan tekuk torsi lateral:

1. Pelelehan.

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x \quad (3.20)$$

$$\phi_b = 0,90$$
(DFBK)

Keterangan:

$F_y$  = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari tipe baja yang digunakan, MPa.

$Z_x$  = modulus penampang plastis di sumbu x, mm<sup>3</sup>

## 2. Tekuk Torsi-Lateral.

a) Bila  $L_b \leq L_p$ , keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan.

b) Bila  $L_p \leq L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (3.21)$$

$$C_b = \frac{12,5M_{maks}}{2,5M_{maks} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \quad (3.22)$$

c)  $L_b \geq L_r$

$$M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p \quad (3.23)$$

Keterangan:

$M_{maks}$  = nilai mutlak momen maksimum dalam segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_A$  = nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_B$  = nilai mutlak momen pada sumbu segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_C$  = nilai mutlak momen pada titik tiga-perempat dari segmen tanpa dibreising, N-mm

$L_b$  = panjang antara titik-titik, baik yang dibreising melawan perpindahan lateral sayap tekan atau dibreising melawan puntir penampang melintang, mm

$$F_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E}{\left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x \cdot h_o} \left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \quad (3.24)$$

$E$  = modulus elastis baja = 200 000 MPa

$J$  = konstanta torsi, mm<sup>4</sup>

$S_x$  = modulus penampang elastis di sumbu x, mm<sup>3</sup>

$h_o$  = jarak antar titik berat sayap, mm

$r_{ts}$  = radius girasi dari sayap tekan ditambah seperenam dari badan

Kekuatan lentur nominal,  $M_n$ , harus ditentukan dengan menggunakan salah satu dari metode berikut:

- a) Superposisi dari tegangan elastis pada penampang komposit, yang memperhitungkan efek penopangan, untuk keadaan batas dari leleh (momen leleh).
- b) Distribusi tegangan plastis pada penampang baja sendiri, untuk keadaan batas dari leleh (momen plastis) pada penampang baja.  
 $\phi_b = 0,90(\text{LRFD})$
- c) Distribusi tegangan plastis pada penampang komposit atau metode kompatibilitas-regangan, untuk keadaan batas dari leleh (momen plastis) pada penampang komposit. Untuk komponen struktur terbungkus beton, *angkur baja* harus disediakan.

### 3.3.3 Preliminary design

Melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen-elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur dan merencanakan dimensi profil yang akan digunakan sesuai dengan ketentuan SNI 1729:2015 yang berupa:

1. Preliminary desain balok
2. Preliminary desain kolom

Struktur dengan kategori resiko I, II, atau III yang berlokasi dimana parameter respon spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik,  $S_1$  lebih besar atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. Struktur yang berkategori resiko IV yang berlokasi dimana parameter respon spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik  $S_1$  lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F.

Bangunan ini direncanakan akan dibangun di Jakarta Selatan dengan kelas situs SE (tanah lunak). Berdasarkan aplikasi

respon spektral dari puskim.pu.go.id mempunyai parameter kecepatan respon spektral pada perioda pendek,  $S_D=0,607$  dan parameter percepatan respon spektral pada perioda 1 detik,  $S_{DI}=0,56$ . Berdasarkan tabel 3.1 dan tabel 3.2 maka didapat Jakarta Selatan mempunyai kategori desain seismik D.

**Tabel 3. 1** Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau II	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

**Tabel 3. 2** Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik

Nilai $S_{DI}$	Kategori risiko	
	I atau II atau II	IV
$S_{DI} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{DI} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DI} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DI}$	D	D

Sistem yang dipilih harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian. Berdasarkan tabel 9 SNI 1726 2012 didapatkan bahwa kriteria desain yang tepat sesuai dengan kategori desain seismik yang ada adalah sebagai sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan dengan dinding geser beton bertulang khusus yang mampu menahan 75 persen gaya gempa yang ditetapkan.

### 3.3.4 Perhitungan beban struktur

Melakukan perhitungan beban struktur sebagai berikut:

1. Beban Mati (PPIUG 1983)

Beban mati terdiri dari berat struktur sendiri, dinding, pelat, serta berat finishing arsitektur.

**Tabel 3. 3** Beban hidup pada struktur

Nama bahan bangunan dank komponen gedung	Berat sendiri
<b>Bahan bangunan</b>	
Baja	7850 kg/m <sup>3</sup>
Beton	2200 kg/m <sup>3</sup>
Beton Bertulang	2400 kg/m <sup>3</sup>
<b>Komponen gedung</b>	
Adukan per cm tebal dari semen	21 kg/m <sup>2</sup>
Aspal, per cm tebal	14 kg/m <sup>2</sup>
Dinding setengah bata	250 kg/m <sup>2</sup>
Plafond	11 kg/m <sup>2</sup>
Penggantung langit – langit	7 kg/m <sup>2</sup>
Penutup lantai tanpa adukan per cm tebal	3 kg/m <sup>2</sup>

(Sumber: PPIUG 1983)

2. Beban Hidup (PPIUG 1983)

Beban hidup untuk apartemen adalah 250 kg/m<sup>2</sup> dan 100 kg/m<sup>2</sup> untuk beban pekerja (atap)

**Tabel 3. 3** Beban hidup pada struktur

<b>Beban Hidup</b>	<b>Besar Beban</b>
Lantai Perkantoran / Restoran	250 kg/m <sup>2</sup>
Lantai Ruang-ruang Balkon	400 kg/m <sup>2</sup>
Tangga dan Bordes	300 kg/m <sup>2</sup>
Lantai Ruang Alat dan Mesin	400 kg/m <sup>2</sup>
Beban Pekerja	100 kg/m <sup>2</sup>

(Sumber: PPIUG 1983)

3. Beban Angin (PPIUG 1983)

Tekanan tiup harus diambil minimum 25 kg/m<sup>2</sup>.

4. Beban Gempa (RSNI 03-1726-2012)

Beban gempa yang digunakan sesuai SNI 1726:2012, dimana wilayah gempa terbagi sesuai percepatan respon

spektrumnya. Beban geser dasar nominal statik ekivalen  $V$  yang terjadi dari tingkat dasar dihitung sesuai SNI 1726:2012 pasal 7.8.5 ini harus dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung ke masing-masing lantai ( $F$ ) sesuai SNI 1726:2012 pasal 7.8.3.

5. Kombinasi Pembebanan (SNI 1729:2015)

Beban-beban yang dibebankan kepada struktur tersebut dibebankan kepada komponen struktur menggunakan kombinasi beban berdasarkan SNI 1729:2015 sehingga struktur memenuhi syarat keamanan.

Kombinasi pembebanan sesuai dengan (SNI 2847:2012 pasal 4.2.2)

- 1)  $1,4D$
- 2)  $1,2D+1,6L+0,5(L_r \text{ atau } R)$
- 3)  $1,2D+1,6(L_r \text{ atau } R)+(L \text{ atau } 0,5W)$
- 4)  $1,2D+1,0W+L+0,5(L_r \text{ atau } R)$
- 5)  $1,2D+1,0E+L$
- 6)  $0,9D+1,0W$
- 7)  $0,9D+1,0E$

Dimana:

$U$  = beban ultimate

$D$  = beban mati

$L$  = beban hidup

$E$  = beban gempa

$W$  = beban Angin

### 3.3.5 Analisis dan Permodelan Struktur

Melakukan permodelan struktur menggunakan program SAP 2000 yang direncanakan sebagai struktur ruang 3 dimensi untuk mendapatkan reaksi dan gaya dalam yang terdapat pada struktur rangka utama.

### 3.3.6 Kontrol Perencanaan Struktur Utama

Melakukan kontrol kemampuan struktur utama dari perencanaan yang sudah dilakukan. Desain elemen struktur

primer dikontrol berdasarkan SNI 1729:2015 agar dapat memikul gaya-gaya yang terjadi. Perencanaan elemen struktur primer meliputi:

### 1. Balok Komposit

- a) Kekuatan Lentur Balok Komposit dengan Penghubung Geser  
Kekuatan lentur balok komposit dengan penghubung geser (*shear connector*) dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Kuat Lentur Positif (SNI 1729:2015 pasal I3)
2. Kuat Lentur Negatif (SNI 1729:2015 pasal I3)

- b) Kekuatan Struktur Selama Pelaksanaan

Untuk struktur tanpa perancah, penampang baja harus memiliki kekuatan yang cukup untuk memikul semua pembebanan yang ada selama pelaksanaan yang sesuai SNI 03-1729-2015 bab I.

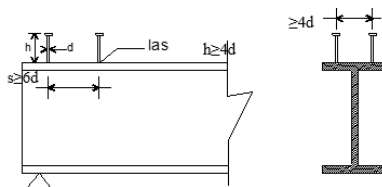
- c) Kuat Geser Rencana

Kuat geser rencana ( $\phi_v V_n$ ) ditentukan berdasarkan kuat geser badan penampang baja saja, sesuai dengan ketentuan SNI 1729:2015 pasal I4

#### Kekuatan Penghubung Geser (*Shear Connector*)

Penghubung geser (*shear connector*) berfungsi untuk menahan gaya geser horizontal yang timbul ketika batang terlentur, sehingga pelat beton dan baja dapat bekerja bersama-sama. Penghubung geser dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

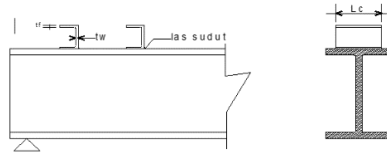
- 1) Kekuatan *shear connector* stud (paku) (SNI 1729:2015 pasal 3d.(I8-5))



**Gambar 3.2** Penghubung geser jenis paku



- 2) Kekuatan *shear connector* baja kanal (SNI 1729:2015 pasal 3d)



**Gambar 3.3** Penghubung geser baja kanal

Jumlah *shear connector* yang dibutuhkan disepanjang daerah tertentu:

$$n = \frac{V_h}{Q_n} \quad (3.25)$$

Dimana :

$V_n$  = gaya geser horizontal total pada bidang kontak antara balok baja dan pelat beton yang harus ditransfer *shear connector*.

## 2. Kolom Komposit

Batasan-batasan Perhitungan

Perhitungan kolom komposit memiliki batasan-batasan perhitungan sesuai dengan SNI 1729:2015 bab I.

### a) Kekuatan Aksial Kolom Komposit

Kuat rencana kolom komposit yang menumpu beban aksial diatur dalam SNI 03-1729-2015 bab I.

### b) Kombinasi Aksial dan Lentur

Kombinasi Lentur dan Gaya Aksial, Interaksi antara lentur dan gaya aksial pada komponen struktur komposit harus memperhitungkan stabilitas seperti disyaratkan oleh SNI 1729:2015 pasal C. Kekuatan tekan yang tersedia dan kekuatan lentur yang tersedia harus ditentukan seperti dijelaskan dalam SNI 1729:2015 pasal I2 dan I3. Untuk menghitung pengaruh dari efek panjang pada kekuatan aksial komponen struktur, kekuatan aksial nominal komponen struktur harus ditentukan menurut SNI 1729:2015 pasal I2.

Untuk komponen struktur komposit dibungkus beton dan komponen struktur komposit diisi beton dengan penampang kompak, interaksi gaya aksial dan lentur harus berdasarkan persamaan interaksi SNI 1729:2015 pasal H1.1 atau satu dari metode seperti dijelaskan SNI 1729:2015 pasal H1.2.

Untuk komponen struktur komposit diisi beton dengan penampang nonkompak atau penampang langsing, interaksi antara gaya aksial dan lentur harus berdasarkan persamaan pada SNI 1729:2015 pasal H1.1.

c) Angkur

Diameter dari suatu angkur steel headed stud tidak boleh lebih besar dari 2,5 kali ketebalan logam dasar yang dilas, kecuali dilas untuk sayap secara langsung melalui badan.

Pasal I8.2 yang digunakan untuk suatu komponen struktur lentur komposit, dimana angkur baja yang ditanam pada suatu pelat beton solid atau pelat beton solid atau pada suatu yang dicorkan pada dek baja dicetak. Pasal I.3 digunakan untuk kasus lainnya.

Untuk beton normal, angkur *steel headed stud* yang hanya menahan geser tidak boleh kecil dari lima diameter batang dalam panjang dari dasar *steel headed stud* kebagiaan atas dari kepala paku sesudah pemasangan. Angkur *steel headed stud* yang menahan 33epid atau interaksi dari geser dan 33epid taidak boleh lebih kecil dari delapan diameter paku dalam panjang dari dasar paku ke bagian atas dari kepala paku sesudah pemasangan.

### 3. Perencanaan Struktur Dinding Geser

a) Kuat Aksial Rencana

Kuat aksial rencana dihitung berdasarkan (SNI 03-2847-2013 pasal 14.5.2)

$$\phi P_{nw} = 0,55. \phi f'. c. Ag \left[ 1 - \left( \frac{k.lc}{32h} \right)^2 \right] \quad (3.26)$$

(SNI 2847:2013 pasal 14.5.2)

- b) Pemeriksaan Tebal Dinding  
Tebal dinding dianggap cukup bila dihitung memenuhi (SNI 03-2847-2013, pasal 11.9.3)

$$\phi V_n = \phi \cdot 0,83 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot h \cdot d \geq V_u \quad (3.27)$$

(SNI 2847:2013, pasal 11.9.3)

Dimana:

$$d = 0,8 I_w$$

- c) Kuat Geser Beton  
Dihitung Menurut SNI 2847:2013, pasal 11.9.6.
- d) Keperluan Penulangan Geser  
Penulangan geser dihitung berdasarkan (SNI 2847:2013, pasal 21.9.2.2)
- e) Penulangan Geser Horisontal  
Dihitung berdasarkan pada (SNI 2847:2013, pasal 11.9.9)
- f) Penulangan Geser Vertikal  
Dihitung berdasarkan (SNI 2847:2013, pasal 11.9.9.4)

### 3.3.7 Perencanaan Sambungan

- a. Kuat rencana sambungan baut  
Kuat geser  
 $V_d = \phi f_v V_n = \phi f_v r_1 \cdot f_{ub} \cdot A_b \quad (3.28)$   
Kuat Tarik  
 $R_d = \phi f_t V_n = 2,4 \cdot \phi f_t d_b \cdot t_r \cdot f_u \quad (3.29)$
- b. Sambungan Las  
Berdasarkan SNI 1729:2015 Pasal J2.4, kekuatan desain,  $\phi R_n$  dari joint yang dilas harus merupakan nilai terendah dari kekuatan material dasar yang ditentukan menurut keadaan batas dari keruntuhan tarik dan keruntuhan berikut ini:  
Untuk logam dasar

$$R_n = F_{nBM} \cdot A_{BM} \quad (3.30)$$

Untuk logam las

$$R_n = F_{nw} \cdot A_{we} \quad (3.31)$$

keterangan

$F_{nBM}$  = tegangan nominal dari logam dasar, Mpa

$F_{nw}$  = tegangan nominal dari logam las, Mpa

$A_{BM}$  = luas penampang logam dasar, mm<sup>2</sup>

$A_{we}$  = luas efektif las, mm<sup>2</sup>

Nilai  $\phi$ ,  $F_{nBM}$ ,  $F_{nw}$  serta batasannya diberikan pada SNI 1729:2015 Tabel J2.5.

### 3.3.8 Perencanaan Basement

- Penulangan dinding basement
- Kontrol ketebalan dinding basement
- Penulangan pelat lantai basement

### 3.3.9 Perencanaan Pondasi

Dalam tahap ini dilakukan perencanaan tiang pancang dan *pile cap* yang mampu menahan struktur atas gedung. Data yang diperoleh dan data yang digunakan dalam merencanakan pondasi adalah data tanah berdasarkan hasil *Standard Penetration Test* (SPT).

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan lekatan tanah di sekeliling tiang pondasi ( $Q_s$ ). Langkah-langkah dalam menghitung daya dukung tiang pancang berdasarkan hasil uji SPT adalah sebagai berikut:

- Koreksi SPT terhadap Muka Air Tanah

Khusus untuk tanah pasir halus, pasir berlanau, dan pasir berlempung yang berada dibawah muka air tanah dan hanya bila  $N > 15$ :

$$N_1 = 15 + \frac{1}{2} (N - 15) \text{ (Terzaghi \& Peck, 1960)} \quad (3.32)$$

$$N_1 = 0.6N \quad \text{(Bazaraa, 1967)} \quad (3.33)$$

Harga yang dipilih adalah harga  $N_1$  yang terkecil dari kedua rumusan di atas. Untuk jenis tanah lempung, lanau, dan pasir kasar dan bila  $N \leq 15$ , tidak ada koreksi ( $N_1 = N$ )

## 2. Koreksi SPT terhadap Overburden Pressure

Koreksi terhadap overburden pressure menurut Bazaraa (1967) adalah sebagai berikut:

$$N_1 = \frac{4 \cdot N_1}{1 + 0,4P_0} ; \text{ bila } P_0 \leq 7.5 \text{ ton/m}^2 \quad (3.34)$$

Atau

$$N_2 = \frac{4N_1}{3,25 + 0,1P_0} ; \text{ bila } P_0 \leq 7,5 \text{ ton/m}^2 \quad (3.35)$$

$P_0$ : tekanan tanah efektif pada lapisan/kedalaman yang ditinjau

$$N_1 = \frac{4 \cdot N_1}{1 + 0,4P_0} ; \text{ bila } P_0 \leq 75 \text{ kPa} \quad (3.36)$$

Atau

$$N_2 = \frac{4N_1}{3,25 + 0,1P_0} ; \text{ bila } P_0 \leq 75 \text{ kPa} \quad (3.37)$$

$P_0$ : tekanan tanah efektif pada lapisan/kedalaman yang ditinjau

Harga  $N_2$  harus  $\leq 2 N_1$  dan bila dari koreksi didapat  $N_2 > 2 N_1$  maka dipakai  $N_2 = 2 N_1$

## 3. Perencanaan Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Kekuatan tiang untuk menerima gaya horizontal, dan momen dalam satu kesatuan dengan *pile cap* ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_{y_{\max}}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_{x_{\max}}}{\Sigma y^2} \quad (3.38)$$

Keterangan:

$P_v$  = beban vertikal ekuivalen

$V$  = beban vertikal dari kolom

$n$  = jumlah tiang pancang dalam grup

$M_x$  = momen terhadap sumbu x

$M_y$  = momen terhadap sumbu y

$x_{\max}$  = absis terjauh terhadap titik berat grup tiang

- $y_{\max}$  = ordinat terjauh terhadap titik berat grup tiang  
 $\sum x^2$  = jumlah dari kuadrat absis tiap tiang terhadap garis netral grup  
 $\sum y^2$  = jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang terhadap garis netral grup

### 3.3.10 Perencanaan Pile Cap

Dalam merencanakan tebal *pile cap*, *pile cap* harus memiliki kekuatan yang lebih besar terhadap geser Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.11.2.1,  $V_c$  harus diambil yang terkecil dari nilai-nilai  $V_c$  berikut ini:

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \\
 V_c &= 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \\
 V_c &= 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d
 \end{aligned}$$

Keterangan:

$\beta$  = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

$b_o$  = keliling dari penampang kolom (mm)

$\alpha_s$  = 40 untuk kolom interior, 30 untuk kolom 20 untuk kolom sudut

### 3.3.11 Penggambaran Hasil Perhitungan

Penggambaran hasil Perencanaan dan perhitungan dalam gambar teknik ini dengan menggunakan program bantu AutoCAD

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **BAB IV**

### **PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER**

#### **4.1 Umum**

Struktur sekunder merupakan bagian dari struktur gedung yang tidak menahan kekakuan secara keseluruhan, namun tetap mengalami tegangan-tegangan akibat pembebanan yang bekerja pada bagian pembebanan yang bekerja pada bagian tersebut secara langsung, ataupun tegangan akibat perubahan bentuk dari struktur primer. Bagian perancangan struktur sekunder ini meliputi pelat dan tangga. Sebelum menentukan dimensi pelat, perlu diadakan preliminary desain untuk menentukan besarnya pembebanan yang terjadi pada pelat. Perhitungan preliminary desain mengikuti peraturan SNI 03:2847:2013.

##### **4.1.1. Data Perencanaan**

Sebelum perhitungan preliminary design perlu diketahui terlebih dahulu data perencanaan dan beban-benan yang diterima oleh struktur gedung. Pada perencanaan gedung tower C pada apartemen Aspen Admiralty dimodifikasi menggunakan baja-beton komposit dengan data sebagai berikut:

- Nama gedung : Apartemen Aspen Admiralty  
Tower C
- Lokasi : Jl. RS. Fatmawati No.1 Jakarta Selatan
- Tipe bangunan : Hunian
- Jumlah lantai : 23 lantai dan 2 basement
- Ketinggian lantai : 3,325 meter
- Tinggi bangunan : 80,75 meter



#### 4.1.2. Perencanaan Tangga

Tangga merupakan bagian dari strukuer bangunan bertingkat sebagai penunjang antara struktur bangunan lantai dasar dengan struktur bangunan tingkat atasnya. Pada hunian Apartemen Aspen Admiralty ini struktur tangga direncanakan sebagai tangga darurat dengan konstruksi dari baja.

Data-data Perencanaan Tangga

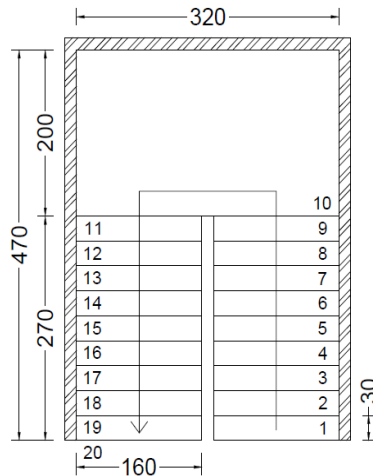
- Tinggi antar lantai : 332,5 cm
- Tinggi bordes : 200 cm
- Tinggi injakan (t) : 17 cm
- Lebar injakan (i) : 30 cm
- Jumlah tanjakan ( $\sum_t$ ) :  $\frac{332,5}{17} = 19,55 \approx$   
20 buah
- Jumlah injakan ( $\sum_i$ ) :  $\sum t - 1 = 20 - 1 =$   
19 buah
- Panjang bordes : 200 cm
- lebar bordes : 330 cm
- lebar tangga : 160 cm
- Tebal pelat tangga (tp) : 20 cm
- Jumlah tanjakan dari : 10 buah  
bordes ke lantai 2
- Elevasi bordes : 166 cm
- panjang horizontal plat : i x jumlah injakan  
tangga bordes =  $30 \times 9 = 270$  cm
- Kemiringan tangga ( $\alpha$ ) :  

$$\tan \alpha = \frac{\text{elevasi bordes}}{\text{panjang horizontal plat tangga}} = \frac{166}{270} = 0,615$$

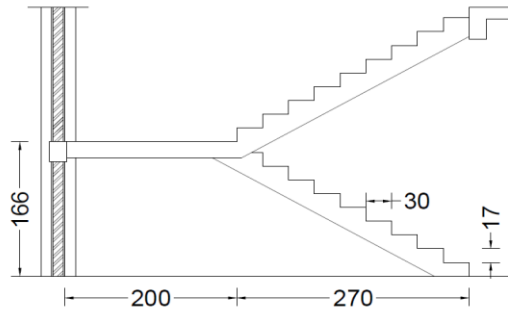
Jadi,  $\alpha = 31,6^\circ$

Cek syarat :

- Syarat jumlah injakan tangga  
 $60 \leq (2t + i) \leq 65$   
 $60 \leq (2 \times 17 + 30) \leq 65$   
 $60 \leq 64 \leq 65 \dots \dots (\text{OK})$
- Syarat sudut kemiringan  
 $25 \leq \alpha \leq 40$   
 $25 \leq 31,6^\circ \leq 40 \dots \dots (\text{OK})$
- Tebal plat rata-rata anak tangga  $= (i/2) \sin \alpha$   
 $= (30/2) \sin 31,6^\circ$   
 $= 7,86 \text{ cm}$
- Tebal plat rata-rata  $= t_p + t_r = 20 + 7,86$   
 $= 27,86 \text{ cm} \approx 28 \text{ cm}$



**Gambar 4. 1** Tampak atas tangga



**Gambar 4. 2** Tampak samping tangga

#### 4.1.3. Perencanaan pelat tangga

Tebal pelat tangga = 3 mm

Menggunakan mutu baja BJ 41, didapat dari peraturan SNI 1729:2015 tabel 5.3 dengan data sebagai berikut:

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

Berat jenis baja =  $7850 \text{ kg/cm}^3$  (Sumber: PPIUG 1983)

#### 4.1.4. Perencanaan pembebanan pelat tangga

##### a. Beban mati

Beban mati yang diterima oleh plat injakan yang didapatkan dari berat sendiri dari plat injakan dan berat penyambung.

Beban plat 3 mm =

$$0,003 \times 7850 \times 1,60 = 37,68 \text{ kg/m}$$

Beban plat bondek =

$$10,1 \text{ kg/m}^2 \times 1,6 \text{ m} = 16,16 \text{ kg/m}$$

Beban plat beton =

$$0,09 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 1,6 \text{ m} = 345,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban tambahan} = (\pm 10\%) = 39,94 \text{ kg/m} +$$

---


$$\text{Total } q_D = 439,38 \text{ kg/m}$$

b. Beban hidup

Beban hidup yang diterima oleh plat injakan diperoleh dari pemakai tangga yang berada di atas plat injakan dengan asumsi sebagai berikut:

Beban hidup lantai tangga:  $300 \text{ kg/m}^2$  (Sumber: PPIUG 1983)

$$q_L = 1,60 \text{ m} \times 300 \text{ kg/m}^2 = 480 \text{ kg/m}$$

**4.1.4.1 Perhitungan  $M_D$  dan  $M_L$**

$$M_D = \frac{1}{8} \times q_D l^2 = \frac{1}{8} \times 439,38 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times 0,3^2 = 4,94 \text{ kgm}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times q_L l^2 = \frac{1}{8} \times 480 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times 0,3^2 = 5,4 \text{ kgm}$$

$$M_L = \frac{1}{4} \times P_L l = \frac{1}{4} \times 100 \times 0,3 = 7,5 \text{ kg (menentukan)}$$

**4.1.4.2 Perhitungan Kombinasi Pembebanan Mu**

$$\begin{aligned} Mu &= 1,4 \times M_D \\ &= 1,4 \times 4,94 = 6,92 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mu &= 1,2 \times M_D + 1,6 \times M_L \\ &= 1,2 \times 6,92 + 1,6 \times 7,5 = 20,30 \text{ kgm (menentukan)} \end{aligned}$$

**4.1.4.3 Kontrol Momen Lentur**

$$Z_x = \frac{1}{4} b h^2 = \frac{1}{4} \times 160 \times 0,09 = 3,6 \text{ cm}^3$$

$$\phi M_n = \phi \times Z_x \times f_y = 0,9 \times 3,6 \times 2500 = 8100 \text{ kg.cm} = 81 \text{ kg.m}$$

Syarat:  $\phi M_n > Mu$

$$= 81 \text{ kg.m} > 20,30 \text{ kg.m (OK)}$$

**4.1.4.4 Kontrol Lendutan**

$$\text{Lendutan ijin} = f = \frac{L}{360} \text{ (Sumber: SNI 1729:2015 Tabel 6.4 -1)}$$

$$= \frac{30}{360} = 0,125 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12} \times 160 \times 0,3^3 = 0,36 \text{ cm}^3$$

$$f^o = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L)L^4}{E \cdot I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(0,43 + 0,48) \times 30^4}{2 \cdot 10^6 \times 0,36} = 0,013 \text{ cm}$$

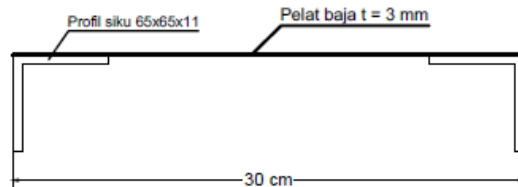
Sehingga,  $f^o \geq f$

$0,013 \text{ cm} \leq 0,125 \text{ cm}$  (OK)

#### 4.1.5. Perencanaan Anak Tangga

Direncanakan: profil siku 65 x 65 x 11, dengan data yang didapat sebagai berikut:

$b = 65 \text{ mm}$	$I_x = 48,8 \text{ cm}^4$	$i_x = 1,91 \text{ cm}$
$t_w = 11 \text{ mm}$	$I_y = 48,8 \text{ cm}^4$	$i_y = 1,91 \text{ cm}$
$W = 5,42 \text{ kg/m}$	$A = 13,2 \text{ cm}^2$	$Z_x = 3,66 \text{ cm}^3$



**Gambar 4. 3** Tampak melintang anak tangga

##### 4.1.5.1. Perencanaan Pembebanan Pelat Tangga

a. Beban mati (1/2 lebar injakan)

$$\begin{aligned} \text{Beban plat 3 mm} \\ = 0,003 \times 7850 \text{ kg/m}^3 \times 0,3 \text{ m} &= 3,351 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban plat bondek} = \\ 10,1 \text{ kg/m}^2 \times 0,3 &= 3,03 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban plat beton} = \\ 0,09 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,3 \text{ m} &= 64,8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat profil baja siku 65x65x11} \\ &= 10,5 \text{ kg/m} + \\ &= 81,68 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Alat penyambung ( $\pm 10\%$ )	$= 8,17 \text{ kg/m}$
$q_d$	$= 89,85 \text{ kg/m}$

- b. Beban hidup (1/2 lebar injakan)

$$q_L = 300 \times 0,15 = 45 \text{ kg/m}$$

$$P_L = 100 \text{ kg}$$

Perhitungan  $M_d$  dan  $M_l$

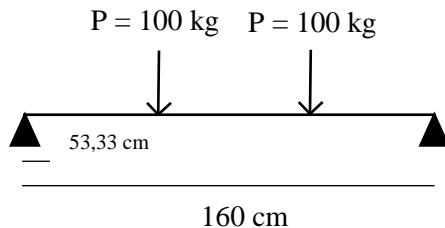
- a. Beban mati

$$V_D = \frac{1}{2} \times q_D \times L = \frac{1}{2} \times 89,85 \times 1,6 = 71,88 \text{ kg}$$

$$M_d = \frac{1}{8} q_D \cdot L^2 = \frac{1}{8} \times 89,85 \times 1,6^2 = 23 \text{ kgm}$$

- b. Beban hidup

Beban hidup terpusat



**Gambar 4. 4** Sketsa pembebanan pelat anak tangga

$$V_L = \frac{1}{2} \times P_L \times 2 = \frac{1}{2} \times 100 \times 2 = 100 \text{ kg (menentukan)}$$

$$M_L = \frac{1}{3} \times P_L \times L = \frac{1}{3} \times 100 \times 1,60^2 = 53,33 \text{ kg. m}$$

(menentukan)

Beban hidup terbagi rata

$$V_{L(\text{rata-rata})} = \frac{1}{2} \times q_L \times L = \frac{1}{2} \times 45 \times 1,60 = 36 \text{ kg}$$

$$M_{L(\text{rata-rata})} = \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 45 \times 1,60^2 = 14,4 \text{ kg. m}$$

**4.1.5.2. Kombinasi Pembebanan**

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\
 &= 1,2 (89,85 \text{ kg/m}) + 1,6 (45 \text{ kg/m}) \\
 &= 179,82 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_U &= 1,2 V_D + 1,6 V_L \\
 &= 1,2 (71,88 \text{ kg}) + 1,6 (100 \text{ kg}) \\
 &= 246,26 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\
 &= 1,2 (23 \text{ kg.m}) + 1,6 (53,33 \text{ kg.m}) \\
 &= 112,93 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

**4.1.5.3. Kontrol Penampang Profil**

$$\begin{aligned}
 \lambda &= \frac{b}{t} = \frac{65}{11} = 5,91 \\
 \lambda_p &= \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} \lambda &= \frac{b}{t} = \frac{65}{11} = 5,91 \\ \lambda_p &= \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75 \end{aligned}} \right\} \begin{array}{l} \lambda \leq \lambda_p, \\ \text{Penampang kompak} \end{array}$$

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}
 Z_x &= \frac{1}{2} \times d \times (t_w \times d) + \frac{1}{2} \times t_w \times (t_w(b - t_w)) \\
 &= \frac{1}{2} \times 6,5 \times (1,1 \times 6,5) + \frac{1}{2} \times 1,1 \times (1,1(6,5 - 1,1)) \\
 &= 26,504 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$M_p = f_y \times Z_x = 2500 \times 26,504 = 66261,25 \text{ kg.cm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times Z_x = 0,9 \times 66261,25 = 59635,125 \text{ kg.cm}$$

Syarat:  $\phi M_n \geq M_u$

$$59635,125 \text{ kg.cm} \geq 11293 \text{ kg.cm (OK)}$$

#### 4.1.5.4. Kontrol Kuat Geser

$$\left. \begin{aligned} &= \frac{h}{t_w} = \frac{65}{11} = 5,9 \\ &= \frac{1100}{\sqrt{f_y}} = \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69,57 \end{aligned} \right\} \quad \frac{h}{t} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \text{ (plastis)}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times (6,5 \times 1) \\ &= 9750 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 0,9 \times 9750 = 8755 \text{ kg}$$

$$V_u = 177,48 \text{ kg}$$

$$\text{Syarat: } \phi V_n > V_u$$

$$9750 \text{ kg} > 246,26 \text{ kg (OK)}$$

#### 4.1.5.5. Kontrol Lendutan

$$\text{Lendutan ijin} = f_{ijin} = \frac{L}{360} \text{ (Sumber : SNI 1729:2015 Tabel 6.4-1)}$$

$$= \frac{160}{360} = 0,44 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^o &= \left[ \frac{5}{384} \frac{(q_u) \cdot L^4}{E \cdot I} \right] + \left[ \frac{3}{24} \frac{(P) L^3}{E \cdot I} \left( \frac{a}{L} - \frac{a^3}{L^3} \right) \right] \\ &= \left[ \frac{5}{384} \frac{(1,73) \cdot 160^4}{2 \times 10^6 \cdot 48,8} \right] + \left[ \frac{3}{24} \frac{(100) \cdot 160^3}{2 \times 10^6 \cdot 48,8} \left( \frac{53,33}{160} - \frac{53,33^3}{160^3} \right) \right] \\ &= 0,31 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat: } f^o \leq f_{ijin}$$

$$0,31 \text{ cm} \leq 0,44 \text{ cm (OK)}$$

Jadi profil siku sama kaki 65 x 65 x 11 dapat dipakai.

#### 4.1.6. Perencanaan Pelat Bordes

$$\text{Tebal pelat bordes} = 5 \text{ mm}$$

$$\text{Berat jenis baja} = 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Mutu baja BJ 41} \rightarrow f_y = 2500 \text{ Kg/m}^2$$



#### 4.1.6.1. Pembebanan

a. Beban mati

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pelat} &= 0,005 \times 1,6 \times 7850 &= 62,8 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat pelat bondek} &= 10,1 \times 1,6 &= 16,16 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat pelat beton} &= 0,09 \times 2400 \times 1,6 &= 345,6 \text{ kg/m} \\
 \text{Alat penyambung (10\%)} & &= 42,45 \text{ kg/m} + \\
 q_D & &= 467,02 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup

Beban hidup lantai tangga:  $300 \text{ kg/m}^2$  (Sumber: PPIUG 1983; Tabel 2)

$$q_L = 300 \text{ kg/m}^2 \times 1,60 \text{ m} = 480 \text{ kg/m}$$

#### 4.1.6.2. Perhitungan $M_D$ dan $M_L$

$$M_D = \frac{1}{8} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{8} \times 467,02 \times 1^2 = 58,4 \text{ kgm}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 480 \times 1^2 = 60 \text{ kgm}$$

#### 4.1.6.3. Kombinasi Pembebanan $M_u$

$$\begin{aligned}
 M_u &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\
 &= 1,2 (58,4) + 1,6 (60) \\
 &= 166,05 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

#### 4.1.6.4. Kontrol Momen Lentur

$$Z_x = \frac{1}{4} \times b \times h^2 = \frac{1}{4} \times 200 \times 0,5^2 = 12,5 \text{ cm}^3$$

$$\emptyset.M_n = \emptyset \times Z_x \times f_y = 0,9 \times 12,5 \times 2500 = 28125 \text{ kg.cm}$$

Syarat:  $\emptyset.M_n \geq M_u$

$$281,25 \text{ kgm} \geq 166,05 \text{ kgm (OK)}$$

#### 4.1.6.5. Kontrol Lendutan

Lendutan ijin  $\rightarrow f = \frac{L}{360}$  (Sumber: SNI 1729:2015 Tabel 6.4-1)

$$= \frac{100}{360} = 0,27 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 200 \times 0,5^3 = 2,08 \text{ cm}^3$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{(q_D + q_L)L^4}{E.I_x} = \frac{5}{384} \frac{(4,67 + 4,8)100^4}{2 \times 10^6 \cdot 2,08} = 0,172 \text{ cm}$$

Syarat:  $f^o \leq f$

$$0,17 \leq 0,27 \text{ cm (OK)}$$

#### 4.1.7. Perencanaan Balok Bordes

Direncanakan memakai profil WF 100 x 50 x 5 x 7

d = 100 mm	tf = 7 mm	r = 8 mm
b = 50 mm	Z <sub>x</sub> = 42 mm	I <sub>x</sub> = 187 cm <sup>4</sup>
tw = 5 mm	W = 9,3 kg/m	

##### 4.1.7.1. Pembebanan

a) Beban mati

Berat pelat = 0,005 x 0,5 x 7850	= 19,6 kg/m
Berat pelat bondek = 10,1 x 0,5	= 5,05 kg/m
Berat pelat beton = 0,09 x 2400 x 0,5	= 108 kg/m
Berat profil	= 9,3 kg/m +
	<u>= 141,9 kg/m</u>
Alat penyambung dll (10%)	= 14,2 kg/m
q <sub>D</sub>	<u>= 156,14 kg/m</u>

$$V_D = \frac{1}{2} \times q_D \times L = \frac{1}{2} \times 156,14 \times 2 = 156,14 \text{ kg}$$

$$M_D = \frac{1}{8} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{8} \times 156,14 \times 2^2 = 78,07 \text{ kg.m}$$

b) Beban hidup

Beban Hidup Lantai Tangga : 300 kg/m<sup>2</sup> (Sumber: PPIUG 1987; Tabel 2)

$$q_L = 300 \text{ kg/m}^2 \times 0,5 \text{ m} = 150 \text{ kg.m}$$

$$V_L = \frac{1}{2} \times 150 \times 2 = 150 \text{ kg}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times qL \times L^2 = \frac{1}{8} \times 150 \times 2^2 = 75 \text{ kg.m}$$

#### 4.1.7.2. Kombinasi Pembebanan

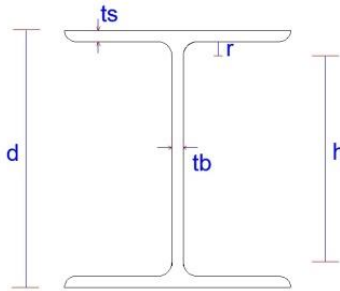
$$V_U = 1,2V_D + 1,6V_L$$

$$= 1,2 (156,14) + 1,6 (150) = 427,37 \text{ kg}$$

$$M_U = 1,2M_D + 1,6M_L$$

$$= 1,2 (78,07) + 1,6 (75) = 213,68 \text{ kg.m}$$

#### 4.1.7.3. Kontrol Penampang



**Gambar 4. 5** Penampang Profil

a. Untuk sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{50}{2 \times 7} = 3,571$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{b_f}{2t_f} = 3,571 \\ \lambda_{pf} = 10,75 \end{array} \right\} \frac{b_f}{2t_f} < \lambda_p$$

b. Untuk badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{70}{5} = 14$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{h}{t_w} = 14 \\ \lambda_{pw} = 106,35 \end{array} \right\} \frac{h}{t_w} \leq \lambda_p$$

(Sumber : SNI 1729:2015 Tabel 4.1)

Penampang profil kompak karena rasio kelangsingan sayap dan rasio tinggi badan memenuhi persyaratan, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x \\ &= 2500 \times 42 \\ &= 105000 \text{ kg.cm} = 1050 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi.M_n &= 0,9 \times 1050 \\ &= 945 \text{ kg.m} = 94500 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Syarat :  $\phi.M_n > M_u$

$$945 \text{ kg.m} > 213,68 \text{ kg.m (OK)}$$

#### 4.1.7.4. Kontrol Kuat Geser

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{70}{5} = 14 \\ \frac{1100}{\sqrt{f_y}} &= \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69,57 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \text{ (Plastis)}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times (10 \times 0,5) \\ &= 7500 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi.V_n = 0,9 \times 7500 = 6750 \text{ kg}$$

Syarat:  $\phi.V_n > V_u$

$$6750 \text{ kg} > 427,37 \text{ kg (OK)}$$

#### 4.1.7.5. Kontrol Lendutan

Lendutan ijin  $\rightarrow f_{ijin} = \frac{L}{360}$  (Sumber: SNI 1729:2015 Tabel 4-1)

$$= \frac{200}{360} = 0,55 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L)L^4}{E.I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(1,56 + 1,5)200^4}{2 \times 10^6 \times 187} = 0,17$$

$$\text{Syarat : } f^o \leq f_{ijin} \rightarrow 0,17 \leq 0,55 \text{ cm (OK)}$$

#### 4.1.8. Perencanaan Balok Utama Tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata dari berat sendiri dan beban dari anak tangga. Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 250 x 125 x 5 x 8 dengan spesifikasi sebagai berikut:

$A = 32,68 \text{ cm}^2$	$bf = 124 \text{ mm}$	$r = 12 \text{ cm}$
$W = 25,7 \text{ kg/m}$	$d = 248 \text{ mm}$	$Z_x = 305$
$\text{cm}^3$		
$I_x = 3540 \text{ cm}^4$	$tf = 8 \text{ mm}$	$Z_y = 63 \text{ cm}^3$
$I_y = 225 \text{ cm}^4$	$tw = 5 \text{ mm}$	
$S_x = 285 \text{ cm}^3$	$h = 208 \text{ mm}$	
$S_y = 41,1 \text{ cm}^3$	$ix = 10,4 \text{ cm}$	

##### 4.1.8.1 Pembebanan Anak Tangga

###### a. Beban mati (anak tangga)

$$\text{Berat pelat} = 0,003 \times 0,80 \times 7850 = 18,84 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat bondek} = 10,1 \times 0,8 = 8,08 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat beton} = 0,09 \times 2400 \times 0,8 = 172,8 \text{ kg/m}$$

Berat balok WF

$$= \frac{25,7}{\cos 31,6} = 30,17 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat profil siku} &= 5,42 \times 2 \\ &= 10,84 \text{ kg/m} + \\ &= 240,73 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Berat alat penyambung (10\%)} = 24,07 \text{ kg/m} +$$

$$q_D = 264,8 \text{ kg/m}$$

###### b. Beban hidup

$$= 300 \text{ kg/m}^2 \times 0,80 \text{ m} = 240 \text{ kg/m}$$

###### c. Kombinasi pembebanan

$$\begin{aligned} q_{U1} &= 1.2 q_D + 1.6 q_L \\ &= 1,2 (264,8) + 1,6 (240) \\ &= 701,76 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

#### 4.1.8.2 Pembebanan Bordes

a. Beban mati

$$\text{Berat profil} = 25,7 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat bordes} = 0,005 \times 7850 \times 0,80 = 31,4 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat bondek} = 10,1 \times 0,80 = 8,08 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat beton} = 0,09 \times 2400 \times 0,80 = 172,8 \text{ kg/m} +$$

$$= 237,98 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat alat penyambung (10\%)} = 23,8 \text{ kg/m} +$$

$$= 261,78 \text{ kg/m}$$

b. Beban hidup

$$= 300 \text{ kg/m}^2 \times 0,80 \text{ m} = 240 \text{ kg/m}$$

c. Kombinasi pembebanan

$$q_{U2} = 1,2 q_D + 1,6 q_L$$

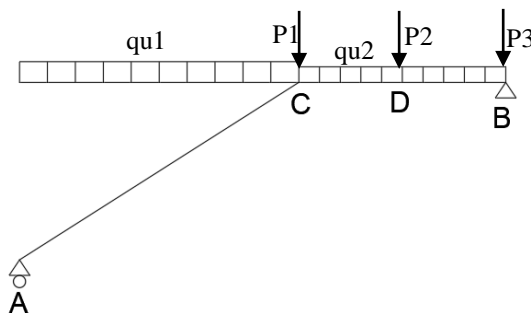
$$= 1,2 (261,78) + 1,6 (240)$$

$$= 698,14 \text{ kg/m}$$

Beban terpusat akibat balok bordes:

$$p_1 = 9,3 \times 1 = 9,3 \text{ kg}$$

#### 4.1.8.3 Perhitungan Gaya-Gaya Dalam



**Gambar 4. 6** Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga

$$\sum M_a = 0$$

$$R_b x_{4,7} - p_1 x_{2,7} - p_1 x_{3,7} - p_1 x_{4,7} - q_1 x_{2,7} x_{1,35} - q_2 x_{3,7} x_{3,7} = 0$$

$$R_b = \frac{9,3x_{2,7} + 9,3x_{3,7} + 9,3x_{4,7} + 701,76x_{2,7}x_{1,35} + 698,14x_{2,7}x_{3,7}}{4,7} =$$

$$1665,4 \text{ kg}$$

$$\sum M_b = 0$$

$$R_a x_{4,7} - p_1 x_2 - p_1 x_1 - q_1 x_{2,7} x_{3,35} - q_2 x_{2,7} x_1 = 0$$

$$R_a = \frac{9,3x_2 + 9,3x_1 + 701,76x_{2,7}x_{3,35} + 698,14x_{2,7}x_1}{4,7} = 1653,53 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} \sum V &= R_a + R_b - q_1 x_{2,7} - q_2 x_2 - P x_3 \\ &= 1665,4 + 1653,53 - 701,76x_{2,7} - 698,14x_2 - 9,3x_3 \\ &= 0 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

### **Bidang M**

a – c:

$$\begin{aligned} M_x &= R_a x - \frac{1}{2} q_1 x^2 \\ &= 1653,53 x - \frac{1}{2} 701,76 x^2 \end{aligned}$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$M_a = 0 \text{ m}$$

$$x = 2,7 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_c &= 1653,53 (2,7) - \frac{1}{2} 701,76 (2,7)^2 \\ &= 1906,62 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Momen maksimum terjadi apabila terjadi  $\frac{dM_x}{dx} = 0$

$$\frac{dM_x}{dx} = 1653,53 - 701,76 x = 0$$

$$x = 2,36 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= 1653,53 x_{2,36} - \frac{1}{2} x_{2,36} 701,76 x_{(2,36)^2} \\ &= 1948,07 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

b – d

$$M_x = R_b \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot 2 \cdot x^2 - P \cdot x$$

$$= 1665,4 \cdot x - \frac{1}{2} \cdot 698,14 \cdot x^2 - 9,3 \cdot x$$

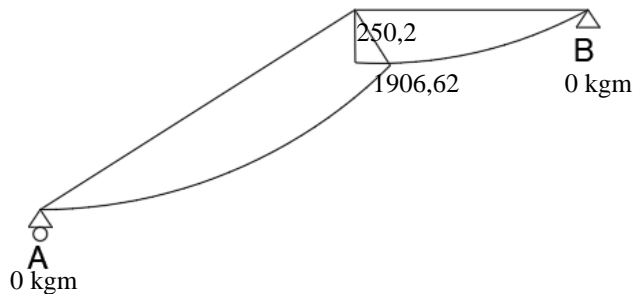
$$x = 0 \text{ m}$$

$$M_b = 0 \text{ kg.m}$$

$$x = 1 \text{ m}$$

$$M_d = 1665,4 - \frac{1}{2} \cdot 698,14 \cdot (1)^2 - 9,3 \cdot 1$$

$$= 1307,03 \text{ kg.m}$$



**Gambar 4. 7** Diagram bidang M tangga

### Bidang D

a - c

$$D_x = R_a \cdot \cos(31,6^\circ) - q_u \cdot 1 \cdot x \cdot \cos(31,6)$$

$$= 1653,53 \cdot \cos(31,6^\circ) - x \cdot \cos(31,6^\circ)$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$D_{ka} = 1653,53 \cdot \cos(31,6^\circ) - 701,76 \cdot \cos(31,6^\circ)$$

$$= 810,65 \text{ kg}$$

$$x = 2,7 \text{ m}$$

$$D_{ki} = 1653,53 \cdot \cos(31,6^\circ) - 701,76 \cdot 2,7 \cdot \cos(31,6)$$

$$= -205,45 \text{ kg}$$

b – d

$$D_x = -R_b + q_u \cdot 2 \cdot x + p_1$$



$$= -1665,4 + 698,14 \cdot x + 9,3$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$D_{b_{ki}} = -1665,4 + 698,14 \cdot 0 + 9,3$$

$$= -1656,10 \text{ kg}$$

$$x = 1 \text{ m}$$

$$D_{d_{ka}} = -1665,4 + 698,14 \cdot 1 + 9,3$$

$$= -957,96 \text{ kg}$$

d – c

$$D_x = -R_b + q_u \cdot 2/2 + q_u \cdot 2 \cdot x + p_1 + p_1$$

$$= -1665,4 + 698,14/2 + 698,14x + 9,3 + 9,3$$

$$= 0 \text{ m}$$

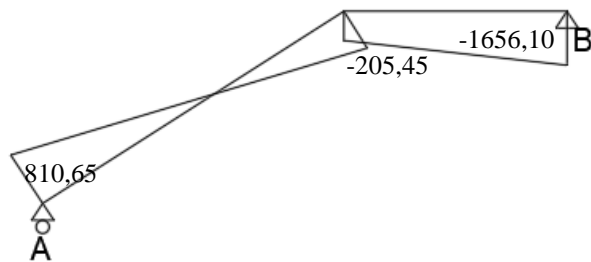
$$D_{d_{ki}} = -1665,4 + 698,14/2 + 698,14 \cdot 0 + 9,3 + 9,3$$

$$= -1297,73 \text{ kg}$$

$$x = 1 \text{ m}$$

$$D_{d_{ka}} = -1665,4 + 698,14/2 + 698,14 \cdot 1 + 9,3 + 9,3$$

$$= -599,59 \text{ kg}$$



**Gambar 4. 8** Diagram bidang D tangga

**Bidang N**

a – c

$$N_x = -R_a \cdot \sin(31,6^\circ) + q_{u1} \cdot x \cdot \sin(31,6^\circ)$$

$$= -1653,53 \cdot \sin(31,6^\circ) + 701,76 \cdot \sin(31,6^\circ)$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$N_{ka} = -1653,53 \cdot \sin(31,6^\circ) + 701,76 \cdot 0 \cdot \sin(31,6^\circ)$$

$$= -866,43 \text{ kg}$$

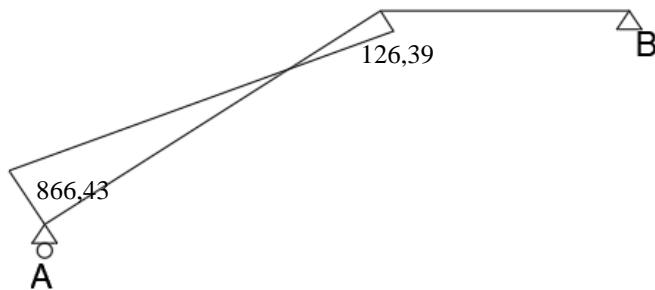
$$x = 2,7 \text{ m}$$

$$N_{ki} = -1653,53 \cdot \sin(31,6^\circ) + 701,76 \cdot 2,7 \cdot \sin(31,6^\circ)$$

$$= 126,39 \text{ kg}$$

$$\frac{c-b}{N}$$

$$N = 0 \text{ kg}$$



**Gambar 4. 9** Diagram bidang N tangga

Kontrol sayap penampakan tekuk lokal

a. Untuk sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{124}{2 \times 8} = 7,75$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq \lambda_p$$

b. Untuk badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{208}{5} = 41,6$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda_p$$

(Sumber: SNI 1729:2015 Tabel 4.1)

Karena penampang profil kompak. Maka,  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 305 \\ &= 762500 \text{ kg.cm} \\ &= 7625 \text{ kg.m} \\ \phi \cdot M_n &= 0,9 \times 7625 = 6862,5 \text{ kg.m} \\ \text{Syarat: } \phi \cdot M_n &> M_u \end{aligned}$$

$$6862,5 \text{ kg.m} > 1288,81 \text{ kg.m (OK)}$$

#### 4.1.8.4 Kontrol Panampang Terhadap Tekuk Lateral

$$\begin{aligned} L_b &= \sqrt{17^2 + 30^2} = 34,48 \text{ cm (pengaku anak tangga)} \\ L_p &= 110,01 \text{ cm (Tabel } L_p) \\ L_b &< L_p \text{ (bentang pendek, maka } M_n = M_p) \\ \text{Karena penampang kompak, maka } M_n &= M_p = f_y \times Z_x \\ M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 350 \\ &= 762500 \text{ kg. cm} \\ &= 7625 \text{ kg. m} \\ \phi \cdot M_n &= 0,9 \times 7625 = 6862,5 \text{ kg. m} \\ \text{Syarat: } \phi \cdot M_n &> M_u \end{aligned}$$

$$6862,5 \text{ kg.m} > 1288,81 \text{ kg.m (OK)}$$

#### 4.1.8.5 Kontrol Lendutan

$$\text{Lendutan ijin} = f_{ijin} = \frac{L}{360} \text{ (Sumber: SNI 1729:2015 Tabel 6.4-1)}$$

$$= \frac{\sqrt{270^2 + 166^2}}{360} = 0,88 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \times \frac{(qD + qL)L^4}{E.I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(0,628 + 2,4) \cdot 470^4}{2 \times 10^6 \times 3540} = 0,27 \text{ cm}$$

$$\text{Syarat: } f^o \leq f_{ijin}$$

$$0,27 \text{ cm} \leq 0,88 \text{ cm (OK)}$$

#### 4.1.9 Perencanaan Balok Penumpu Tangga

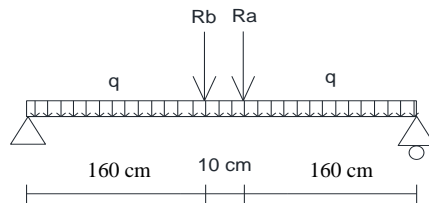
Balok utama direncanakan menggunakan profil WF

250x175x7x11

A	= 56,24 cm <sup>2</sup>	I <sub>x</sub>	= 6120 cm <sup>4</sup>	S <sub>x</sub>	= 502 cm <sup>3</sup>
W	= 44,1 kg/m	I <sub>y</sub>	= 948 cm <sup>4</sup>	S <sub>y</sub>	= 113 cm <sup>3</sup>
bf	= 175 mm	i <sub>x</sub>	= 10,4 cm	Z <sub>x</sub>	= 535 cm <sup>3</sup>
d	= 244 mm	i <sub>y</sub>	= 4,18 cm	Z <sub>y</sub>	= 171 cm <sup>3</sup>
tf	= 11 mm	r	= 12 cm		
tw	= 7 mm				
h	= 210 mm				

##### 4.1.9.1 Pembebanan

Pembebanan pada balok penumpu tangga diperoleh dari gaya reaksi (Ra dan Rb) yang bekerja pada balok utama tangga. Gaya reaksi tersebut akan menjadi beban terpusat P yang menumpu pada balok penumpu tangga. Pada balok penumpu tangga juga bekerja beban merata yang berasal dari dinding setengah dari tinggi dan berat profil



**Gambar 4. 10** Pembebanan Balok Penumpu Tangga

$$R_a = 1092,45 \text{ kg}$$

$$R_b = 1104,3 \text{ kg}$$

Beban merata (q)

$$\text{Berat profil} = 44,1 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat dinding } 2 \times 250 = 500 \text{ kg/m} \quad +$$

$$= 544,1 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat sambungan} &= \frac{54,4 \text{ kg/m}}{598,5 \text{ kg/m}} +\end{aligned}$$

#### 4.1.9.2 Reaksi Perletakan

$$\sum M_a = 0$$

$$R_{va} \times 3,2 - R_b \times 1,70 - R_a \times 1,60 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot 3,3^2 = 0$$

$$R_{vb} = \frac{1092,45 \times 1,70 + 1104,3 \times 1,60 + 0,5 \times 598,5 \times 3,3^2}{3,3} = 2085,72 \text{ kg}$$

$$\sum M_b = 0$$

$$R_{va} \times 3,3 - R_b \times 1,70 - R_a \times 1,60 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot 3,3^2 = 0$$

$$R_{va} = \frac{1104,3 \times 1,70 + 1092,45 \times 1,60 + 0,5 \times 598,5 \times 3,3^2}{3,3} = 2085,72 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\sum V &= R_{va} + R_{vb} + R_a + R_b + q \times 3,3 \\ &= 2085,72 + 2085,41 - 1092,45 - 1103,4 - (598,5 \times 3,3) \\ &= 0 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

Momen Maksimum:

$$\begin{aligned}M_{\max} &= R_{va} \times 2 - R_a \times 2 - R_a \times 0,05 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot 2^2 \\ &= 2085,72 \times 2 - 1092,45 \times 2 - 1092,45 \times 0,05 - \frac{1}{2} \cdot 598,5 \cdot 2^2 \\ &= 735,84 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

Gaya Geser:

$$V_u = R_{vb} = 2085,72 \text{ kg}$$

#### 4.1.9.3 Kontrol Lendutan

$$\text{Lendutan ijin} = f_{\text{ijin}} = \frac{L}{360} \text{ (sumber: SNI 03-1729-2015 Tabel 6.4-1)}$$

$$= \frac{330}{360} = 1,375 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \times \frac{(q)L^4}{E.Ix} = \frac{5}{384} \times \frac{5,98 \times 330^4}{2 \times 10^6 \times 6120} = 0,075 \text{ cm}$$

$$\text{Syarat: } f^o \leq f_{\text{ijin}}$$

$$0,075 \text{ cm} \leq 1,375 \text{ cm (OK)}$$

#### 4.1.9.4 Kontrol Penampang Profil

a. Untuk Sayap

$$\left. \begin{aligned} \frac{b_f}{2t_f} &= \frac{175}{2 \times 11} = 7,96 \\ \lambda_{pf} &= 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75 \end{aligned} \right\} \frac{b_f}{2t_f} \leq \lambda_p$$

b. Untuk badan

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{210}{7} = 30 \\ \lambda_{pw} &= 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_w} \leq \lambda_p$$

(Sumber: SNI 1729:2015 tabel 4.1)

Penampang profil kompak karena rasio kelangsingan sayap dan rasio tinggi badan memenuhi persyaratan, maka  $M_n = M_p$

$$M_n = f_y \times Z_x = 2500 \times 535$$

$$= 1337500 \text{ kg.cm}$$

$$= 13375 \text{ kg.m}$$

$$\phi.M_n = 0,9 \times 13375 = 12037,5 \text{ kg.m}$$

Syarat:  $\phi.M_n \geq M_u$

$$12037,5 \text{ kg.m} \geq 735,84 \text{ kg.m (OK)}$$

## 4.2 Perencanaan Ramp

Pada perencanaan ini, struktur ramp dimodelkan sebagai frame statis tertentu dengan kondisi ujung perletakan berupa sendi dan rol (rol diletakkan pada ujung bordes). Struktur ramp ke atas dan ke bawah tipikal.

### 4.2.1 Dimensi Awal

Data – Data Perencanaan:

- $f'_c$  = 30 MPa
- $f_y$  = 390 MPa

- Panjang bordes = 3500 mm
- Lebar bordes = 5950 mm
- Lebar ramp = 5550 mm
- Tebal pelat ramp (tp) = 30 cm
- Tebal pelat bordes = 30 cm
- Elevasi bordes = 2300 mm
- Panjang horizontal pelat ramp = 5500 mm cm
- Kemiringan ramp ( $\alpha$ )  

$$\arctan(\alpha) = \frac{\text{elevasi bordes}}{\text{panjang horizontal pelat ramp}} = \frac{2300}{5500} = 0,42$$

$$\alpha = 22,51^\circ$$

#### 4.2.2 Perhitungan Pembebanan dan Analisa Struktur

##### a. Pembebanan Ramp

Beban Mati (DL)

$$\text{Plat Ram} = \frac{0,3}{\cos(22,51)} \times 2400 \times 1 = 779,42 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi (2 cm)} = 42 \text{ kg.m} +$$

$$\text{Total beban mati (q}_{DL}) = 821,43 \text{ kg/m}$$

Beban Hidup (LL)

$$\text{Total beban hidup (q}_{LL}) = 800 \text{ kg/m}$$

Kombinasi beban:

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2 Q_{DL} + 1,6 Q_{LL} \\ &= 1,2 (821,43) + 1,6 (800) \\ &= 2265,71 \text{ kg/m} = q_2 \end{aligned}$$

##### b. Pembebanan Pelat Bordes

Beban Mati (DL)

$$\text{Plat bordes} = 0,3 \times 2400 \times 1 = 720 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi (2 cm)} = 2 \times 21 \times 1 = 42 \text{ kg/m} +$$

$$\text{Total beban mati (q}_{LL}) = 762 \text{ kg/m}$$

Kombinasi beban=

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2 DL + 1,6 LL \\ &= 1,2 (762) + 1,6 (800) \\ &= 2194,4 \text{ kg/m} = q_1 \end{aligned}$$

$$Q_1 = q_1 \times 3,5 \text{ m} = 7680,4 \text{ kg}$$

$$Q_2 = q_2 \times 5,55 \text{ m} = 12574,72 \text{ kg}$$

#### 4.2.3 Analisa Gaya-Gaya Dalam

Pada proses analisa stuktur tangga dapat digunakan perhitungan statis tertentu dengan mengasumsikan perletakan tangga Sendi-Rol.

$$\Sigma MA = 0$$

$$V_c \times 9,05 - q_2 \times 5,55 \times \left(\frac{5,55}{2} + 3,5\right) - \left(q_1 \times 3,5 \times \frac{3,5}{2}\right) = 0$$

$$V_c = 10204,09 \text{ kg}$$

$$\Sigma Mc = 0$$

$$V_a \times 9,05 - q_1 \times 3,5 \times \left(\frac{3,5}{2} + 5,55\right) - \left(q_2 \times 5,55 \times \frac{5,55}{2}\right) = 0$$

$$V_a = 10051,02 \text{ kg}$$

#### Kontrol

$$\Sigma V = 0$$

$$10204,09 + 10051,02 = 7680,4 + 12574,72$$

$$20225,12 - 20255,12 = 0$$

#### Pelat bordes A-B (3,5 m)

a. Gaya Momen (M)

$$M_x = V_a \times x - \frac{q_1}{2} \times x^2$$

$$x = \frac{V_a}{q_1} = \frac{10051,02}{2194,4} = 4,58 \text{ m}$$

$$M_A = 0 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} M_{B.kiri} &= 10051,02 \times 3,5 - \frac{2194,4}{2} \times 3,5^2 \\ &= 23018,38 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$x_{\text{max}} = 4,58 \text{ m} > 3,5 \text{ m (tidak memenuhi)}$$

a. Gaya Lintang (D)

Titik A

$$D_{A.kiri} = 0 \text{ kg}$$

$$D_{A.kanan} = V_a = 10051,05 \text{ kg}$$



Titik B

$$D_{Bkiri} = V_a - Q_1 = 7680,4 \text{ kg}$$

b. Gaya Normal (N)

$$N_{A-B} = 0 \text{ kg}$$

### **Pelat ramp C-B (5,55 m)**

a. Gaya Momen (M) (Dari arah kanan)

$$x = V_c/q_2 = 4,5 \text{ m (dari kanan)}$$

$$M_{max} = V_c \times x - \frac{q_2}{2} \times x^2 (x = 4,5 \text{ m})$$

$$M_{max} = 22978,07 \text{ kgm}$$

$$M_C = 0 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} M_{B.kanan} &= 10204,09 \times 5,55 - \frac{2265,71}{2} \times 11,05^2 \\ &= 213737,88 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Gaya Lintang (D)

Titik C

$$D_{C.kanan} = 0 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} D_{C.kiri} &= V_c \times \cos \alpha - (q_2 \cdot \cos \alpha \cdot x) \rightarrow x = 0 \text{ m} \\ &= 10204,09 \times \cos(22,51) - \\ &\quad (12574,72 \cdot \cos(22,51) \cdot 0) \\ &= 9426,683 \text{ kg} \end{aligned}$$

Titik B

$$\begin{aligned} D_{Bkanan} &= V_c \times \cos \alpha - (q_2 \cdot \cos \alpha \cdot x) \rightarrow x = 5,55 \text{ m} \\ &= 10204,09 \times \cos(22,51) - \\ &\quad (12574,72 \cdot \cos(22,51) \cdot 5,55) \\ &= -2190,01 \text{ kg} \end{aligned}$$

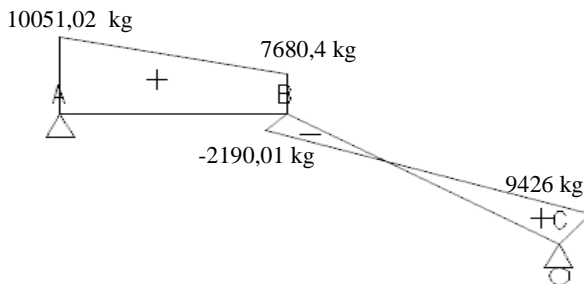
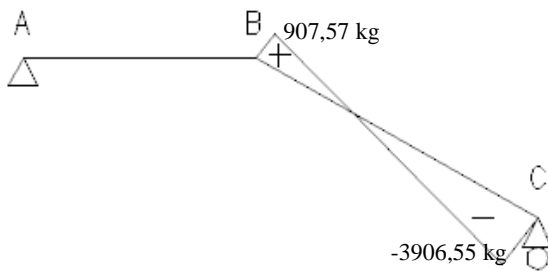
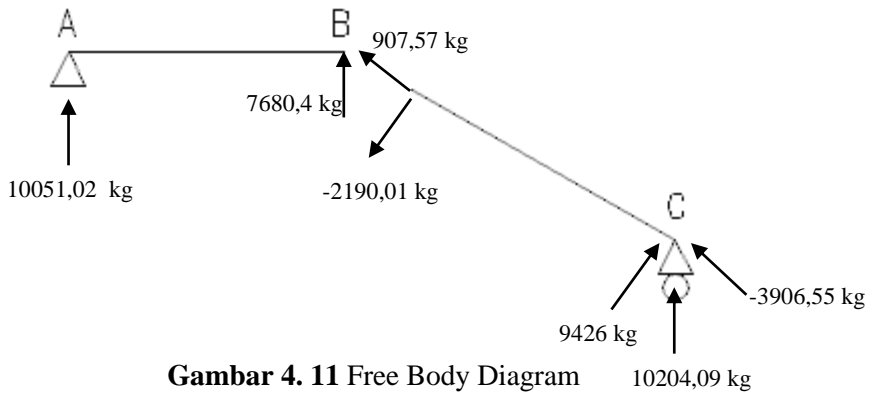
Gaya Normal (N)

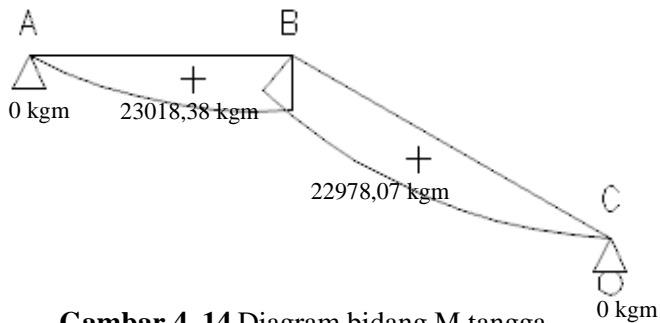
Titik C

$$\begin{aligned} N_C &= -V_c \times \sin(\alpha) + q_2 \cdot \sin(\alpha) \cdot x \rightarrow x = 0 \text{ m} \\ &= -3906,55 \text{ kg} \end{aligned}$$

Titik B

$$\begin{aligned} N_B &= -V_c \times \sin(\alpha) + q_2 \cdot \sin(\alpha) \cdot x \rightarrow x = 5,55 \text{ m} \\ &= 907,57 \text{ kg} \end{aligned}$$





**Gambar 4. 14** Diagram bidang M tangga

#### 4.2.4 Perhitungan Tulangan Pelat Ramp

##### a. Data – data perencanaan

Mutu beton ( $f'_c$ ) = 30 MPa

Mutu baja ( $f_y$ ) = 390 MPa

Berat jenis beton = 2400 MPa

Diameter tulangan = 19 mm

Tebal pelat ramp = 300 mm

Decking = 30 mm

$\beta_1 = 0,83$  SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3

$d = 300 - 30 - 19 - (19/2) = 241,5$  mm

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(30 - 28)}{7} = 0,8357143 \geq 0,65$$

$$A_s = \pi/4 x d^2 = 283,64 \text{ mm}^2$$

$$a = A_s x f_y / (0,85 x f'_c x b) = 4,33 \text{ mm}$$

$$c = a / \beta_1 = 5,19 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = (d/c - 1) x 0,003 = 0,13 \rightarrow \phi = 0,9$$

$$m = f_y / (0,85 x f'_c) = 15,29$$

$$\rho_{\min} = 0,002$$

##### b. Penulangan Pelat Ramp

Data penulangan pelat Ramp:

Tebal pelat = 300 mm,  $f'_c = 30$  MPa (28 hari)

decing	= 30 mm
diameter tulangan	= 19 mm, $A_s = \pi/4 \times d^2 = 283,64 \text{ mm}^2$
b	= 1000 mm
d	= 241,5 mm
$\phi$	= 0,9
$M_u$	= 22978,07 kgm = 229780742,9 Nmm

### Tulangan utama

$$M_n = M_u / \phi = 255311937 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = 4,37 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0,0124$$

$$\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}} = 0,0124 > 0,002$$

$$\text{pakai } \rho = \rho_{\text{perlu}} = 0,0124$$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d = 2994,73 \text{ mm}^2$$

$$n = A_{s\text{perlu}} / A_{s\text{tul}} = 2994,7 \text{ mm}^2 / 283,64 \text{ mm}^2 = 10,55$$

$$\text{dipakai } n = 11 \rightarrow A_{s\text{pakai}} = n \times A_{s\text{tul}} = 3120,07 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{pakai}} > A_{s\text{perlu}} = 3120,07 \text{ mm}^2 > 2994,73 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$s = b/n = 1000 \text{ mm}/11 = 90,9 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan D19-90.

### Tulangan Susut

$$A_{s\text{perlu}} = 0,002 \times b \times d = 483 \text{ mm}^2$$

$$n = A_{s\text{perlu}} / A_{s\text{tul}} = 483 \text{ mm}^2 / 283,64 \text{ mm}^2 = 1,74$$

$$\text{dipakai } n = 5 \rightarrow A_{s\text{pakai}} = n \times A_{s\text{tul}} = 1418,21 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{pakai}} > A_{s\text{perlu}} = 1418,21 \text{ mm}^2 > 483 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$s = b/n = 1000 \text{ mm}/5 = 200 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan susut D19-200.

### **c. Penulangan Pelat Bordes**

Data umum:

$$\text{Tebal pelat} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Decking} = 30 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
\text{diameter tulangan} &= 19 \text{ mm} \\
f'_c &= 30 \text{ MPa} \\
f_y &= 390 \text{ MPa} \\
d &= 300 - 30 - 19 - (19/2) = 241,5 \text{ mm} \\
\beta_1 &= 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \geq 0,65 \\
\beta_1 &= 0,85 - 0,05 \frac{(30 - 28)}{7} = 0,8357143 \geq 0,65 \\
A_s &= \pi/4 x d^2 = 283,64 \text{ mm}^2 \\
a &= A_s x f_y / (0,85 x f'_c x b) = 4,33 \text{ mm} \\
c &= a / \beta_1 = 5,19 \text{ mm} \\
\varepsilon_t &= (d/c - 1) x 0,003 = 0,13 \rightarrow \phi = 0,9 \\
m &= f_y / (0,85 x f'_c) = 15,29 \\
\rho_{\min} &= 0,002
\end{aligned}$$

Data penulangan:

$$\begin{aligned}
\text{Tebal pelat bordes} &= 300 \text{ mm} \\
\text{Decking} &= 30 \text{ mm} \\
\text{Diameter tulangan} &= 19 \text{ mm} \\
b &= 1000 \text{ mm} \\
d &= 241,5 \text{ mm} \\
\phi &= 0,9 \\
M_u &= 217378799,8 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

Tulangan utama:

$$M_n = M_u / \phi = 241531999,8 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = 4,14 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0,011$$

$$\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min} = 0,011 > 0,002$$

$$\text{pakai } \rho = \rho_{\text{perlu}} = 0,011$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d = 2815,44 \text{ mm}^2$$

$$n = A_{s_{\text{perlu}}} / A_{s_{\text{tul}}} = 2815,44 \text{ mm}^2 / 283,64 \text{ mm}^2 = 9,92$$

$$\text{dipakai } n = 10 \rightarrow A_{s_{\text{pakai}}} = n \times A_{s_{\text{tul}}} = 2836,42 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{pakai}}} > A_{s_{\text{perlu}}} = 2836,42 \text{ mm}^2 > 2815,44 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$s = b/n = 1000 \text{ mm}/10 = 100 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan D19-100.

#### Tulangan Susut

$$A_{s\text{perlu}} = 0,002 \times b \times d = 483 \text{ mm}^2$$

$$n = A_{s\text{perlu}}/A_{s\text{tul}} = 483 \text{ mm}^2/283,64 \text{ mm}^2 = 1,74$$

$$\text{dipakai } n = 5 \rightarrow A_{s\text{pakai}} = n \times A_{s\text{tul}} = 1418,21 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{pakai}} > A_{s\text{perlu}} = 1418,21 \text{ mm}^2 > 483 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$s = b/n = 1000 \text{ mm}/5 = 200 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan susut D19-200.

#### **d. Penulangan Balok Bordes**

Pembebanan untuk balok bordes:

1. beban mati

Balok bordes	: $0,4 \times 0,8 \times 2400 \text{ kg/m}$	= 768 kg/m
Beban dinding	: $5,95 \times 250 \text{ kg/m}$	= 1487,5 kg/m
1,4 DL	: $1,4(768 + 1487,5) \text{ kg/m}$	= 3157,7 kg/m
pelat bordes	: 2194,4 kg/m	= 2194,4 kg/m
DL (total)		= 5352,1 kg/m

#### Kombinasi Pembebanan Balok Bordes

Kombinasi pembebanan menggunakan SNI 2847:2013 dengan kombinasi  $Q_u = 1,2DL + 1,6LL$ .

$$Q_u = 1,2 \times 5352,1 + 1,6 \times 0 = 6422,52 \text{ kg/m.}$$

#### Perhitungan Momen Balok Bordes

$$M_{\text{lapangan (+)}} = 1/16 \times q \times L^2$$

$$M_{\text{tumpuan (-)}} = 1/10 \times q \times L^2$$

$$(q = 6422,52 \text{ kg/m, } L = 5,95 \text{ m})$$

$$M_{\text{lapangan (+)}} = 14219,83 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{tumpuan (-)}} = 22737,33 \text{ kgm}$$

#### Perhitungan Gaya Geser Balok

Perhitungan gaya geser diambil sebesar  $V_u = 1/2 \times q \times L$ .

$$(q = 6422,52 \text{ kg/m}, L = 5,95 \text{ m})$$

$$V_u = 19107 \text{ kg}$$

### Penulangan Balok Bordes

$$\text{Dimensi balok bordes} = 400 \times 800 \text{ mm}^2$$

$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$\text{Decking} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 22 \text{ mm}, A_s = \pi/4 \times d^2 = 380,28 \text{ mm}^2$$

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$d = 739 \text{ mm}$$

$$d' = 61 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,9$$

$$M_{ul} = 14210,83 \text{ kgm} = 142108300 \text{ Nmm}$$

$$M_{ut} = 22737,33 \text{ kgm} = 227373300 \text{ Nmm}$$

### Penulangan lentur akibat M tumpuan

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = 1,38 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0,0048$$

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min} = 0,0048 < 0,0035$$

$$\text{dipakai } \rho = \rho_{\min} = 0,0035$$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d = 1507,14 \text{ mm}^2$$

$$n = A_{s\text{perlu}} / A_{s\text{tul}} = 1507,14 \text{ mm}^2 / 380,28 \text{ mm}^2 = 3,96$$

$$\text{dipakai } n = 4 \rightarrow A_{s\text{pakai}} = n \times A_{s\text{tul}} = 1521,14 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{pakai}} > A_{s\text{perlu}} = 1521,14 \text{ mm}^2 > 1507,14 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$s = b - 2 \times \text{decking} - 2\phi - n \times D / (n - 1) = 75 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)},$$

digunakan tulangan 4D22

### Penulangan lentur akibat M lapangan

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = 0,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0,0029$$

$$P_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}} = 0,0029 < 0,0035$$

$$\text{dipakai } \rho = \rho_{\text{min}} = 0,0035$$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d = 1034,6 \text{ mm}^2$$

$$n = A_{s\text{perlu}} / A_{s\text{tul}} = 1034,6 \text{ mm}^2 / 380,28 \text{ mm}^2 = 2,72$$

$$\text{dipakai } n = 4 \rightarrow A_{s\text{perlu}} = n \times A_{s\text{tul}} = 1521,14 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{pakai}} > A_{s\text{perlu}} = 1521,14 \text{ mm}^2 > 1034,6 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$s = b - 2 \times \text{decking} - 2\phi - n \times D / (n - 1) = 75 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)},$$

digunakan tulangan 4D22

### Senggang

Digunakan tulangan senggang  $\phi$  10 mm,  $f_y = 240 \text{ MPa}$ ,  $\phi = 0,75$  (SNI, 2013 pasal 9.3.2.3)

$$V_u = 19107 \text{ kg} = 191070 \text{ N}$$

$$V_s \text{ min} = V_u / \phi = 269844,6 \text{ N}$$

$$A_s = 22/7 \times 10 \times 10/4 \text{ mm}^2 = 78,57 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2 \times A_s = 157,14 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = 177,76 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} \leq d/4 = 184,75 \text{ mm (SNI 2013 pasal 21.3.4.3)}$$

digunakan tulangan senggang,  $S = 100 \text{ mm}$ , ( $\phi 10$ -100).

## **4.3 Perencanaan Struktural Pelat Lantai**

Pada perencanaan struktur lantai direncanakan pelat lantai menggunakan bondek, dimana dalam perencanaan ini bondek yang digunakan merupakan produk dari lysaght bondek.

### **4.3.1 Pelat Lantai Atap**

Dipakai pelat bondek dengan tebal pelat = 0.75 mm



#### 4.3.1.1 Pembebanan Pelat Lantai atap

##### a. Beban Superimposed (Berguna)

Beban finishing:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Aspal (2 cm)} & = 2 \times 14 \text{ kg/m}^2 & = 28 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Rangka+Plafond} & = (11+7) \text{ kg/m}^2 & = 18 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Ducting+Plumbing} & & = 10 \text{ kg/m}^2 + \\
 \text{Total beban finishing} & & = 56 \text{ kg/m}^2
 \end{array}$$

Beban hidup:

$$\text{Lantai atap} = 100 \text{ kg/m}^2$$

Beban superimposed:

= beban hidup+finishing

$$= 100 \text{ kg/m}^2 + 56 \text{ kg/m}^2 = 156 \text{ kg/m}^2 \approx 200 \text{ kg/m}^2$$

Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan data-data sebagai berikut:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Bentang} & = & 3.2 \text{ m} \\
 \text{Beban berguna} & = & 200 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Tebal pelat beton} & = & 10 \text{ cm} \\
 \text{Tulangan negatif} & = & 2,70 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{array}$$

Digunakan tulangan Ø8 ( $A_s = 0,503 \text{ cm}^2$ )

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah:

$$n = \frac{2,70}{0,503} = 5,36 \approx 5 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak antar tulangan } s = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan negatif Ø8-200

## b. Beban mati

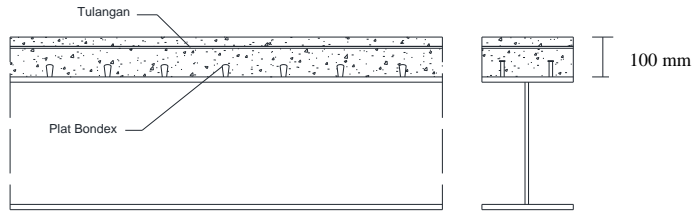
Pelat lantai bondek

$$= 10,1 \text{ kg/m}^2$$

Pelat beton (10 cm) = 0,1 m x 2400 kg/m

$$= 240 \text{ kg/m}^2$$

$$= 250,1 \text{ kg/m}^2$$

**Gambar 4. 15** Potongan pelat lantai atap**4.3.2 Pelat Lantai****4.3.2.1 Pembebanan Pelat Lantai**

## a. Beban superimposed (Berguna)

Beban finishing:

Spesi (1 cm)

$$= 1 \times 21 \text{ kg/m}^2$$

$$= 21 \text{ kg/m}^2$$

Rangka+plafond = (11+7) kg/m<sup>2</sup>

$$= 18 \text{ kg/m}^2$$

Ducting+plumbing

$$= 10 \text{ kg/m}^2 +$$

Total beban finishing

$$= 49 \text{ kg/m}^2$$

Beban hidup:

Lantai = 250 kg/m<sup>2</sup>

Beban superimposed:

= beban hidup + finishing

$$= 250 \text{ kg/m}^2 + 49 \text{ kg/m}^2 = 299 \text{ kg/m}^2 \approx 300 \text{ kg/m}^2$$

Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif tanpa penyangga, didapatkan data-data sebagai berikut:

Bentang = 3.2 m

Beban berguna = 300 kg/m<sup>2</sup>

Tebal pelat beton = 10 cm

Tulangan negatif =  $3,27 \text{ cm}^2/\text{m}$

Digunakan tulangan Ø8 ( $A_s = 0,503 \text{ cm}^2$ )

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah:

$$n = \frac{3,27}{0,503} = 6,5 \approx 7 \text{ buah}$$

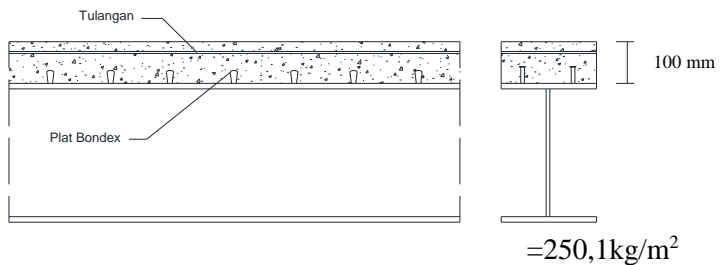
$$\text{Jarak antar tulangan } s = \frac{1000}{7} = 142 \approx 125 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan negatif Ø8-125

b. Beban mati

$$\text{Pelat lantai bondek} = 10,1 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Pelat beton (10 cm)} = 0,10 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 240 \text{ kg/m}^2$$



**Gambar 4. 16** Potongan pelat lantai apartemen

### 4.3.3 Pelat Lantai Mesin Lift

#### 4.3.3.1 Pembebanan Pelat Lantai Mesin Lift

a. Beban superimposed (Berguna)

Beban finishing

$$\text{Spesi (1 cm)} = 1 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 21 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Rangka+plafond} = (11+7) \text{ kg/m}^2 = 18 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Ducting+plumbing} = 10 \text{ kg/m}^2 +$$

$$\text{Total beban finishing} = 49 \text{ kg/m}^2$$

Beban hidup:

$$\text{Lantai} = 250 \text{ kg/m}^2$$

Beban superimposed:

= 250 beban hidup + finishing

=  $250 \text{ kg/m}^2 + 49 \text{ kg/m}^2 = 299 \text{ kg/m}^2 \approx 300 \text{ kg/m}^2$

Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan data-data sebagai berikut:

Bentang = 3.2 m

Beban berguna =  $300 \text{ kg/m}^2$

Tebal pelat beton = 10 cm

Tulangan negatif =  $3,27 \text{ cm}^2/\text{m}$

Digunakan tulangan Ø8 ( $A_s = 0,503 \text{ cm}^2$ )

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah:

$$n = \frac{3,27}{0,785} = 6,5 \approx 7 \text{ buah}$$

Jarak antar tulangan  $s = \frac{1000}{7} = 142 \approx 125 \text{ mm}$

Jadi dipasang tulangan negatif Ø8-125

b. Beban mati

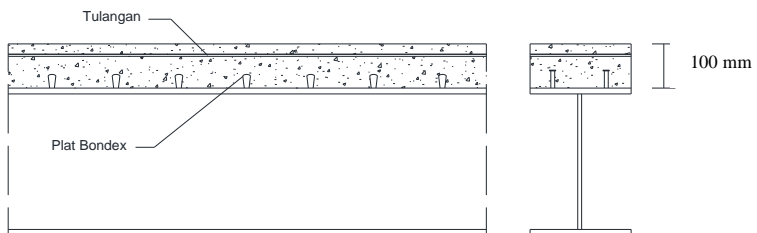
Pelat lantai bondek

=  $10,1 \text{ kg/m}^2$

Pelat beton (10 cm) =  $0,10 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$

=  $240 \text{ kg/m}^2$

=  $250,1 \text{ kg/m}^2$



**Gambar 4. 17** Potongan pelat lantai mesin lift

#### 4.4 Perencanaan Balok Lift

Perencanaan balok lift meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruangan mesin lift, yaitu terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung lift. Untuk lift pada bangunan ini menggunakan lift yang diproduksi oleh Sigma Goods & Passenger dengan data-data sebagai berikut:

- Tipe lift : Penumpang
- Merk : Pasenger
- Kapasitas : 15 orang/1000 kg
- Lebar pintu (opening width) : 900 mm
- Dimensi sangkar (car size) :
- Outside : 1650 x 1665 mm<sup>2</sup>
- Inside : 1600 x 1500 mm<sup>2</sup>
- Dimensi ruang luncur : 4300 x 2150 mm<sup>2</sup>
- Beban reaksi ruang mesin :
- $R_1 = 6150 \text{ kg}$   
(berat mesin penggerak + beban kereta + perlengkapan)
- $R_2 = 4600 \text{ kg}$   
(berat bandul pemberat + perlengkapan)

##### 4.4.1 Perencanaan Balok Penggantung Lift

1. Beban yang bekerja pada balok penumpu beban yang bekerja merupakan beban akibat dari mesin penggerak lift+berat kereta luncur+ perlengkapan, dan akibat bandul pemberat+ perlengkapan.
2. Koefisien kejut beban hidup oleh keran  
Pasal 3.3. (3) PPIUG 1983 menyatakan bahwa keran yang membebani struktur pemikulnya terdiri dari berat sendiri keran ditambah muatan yang diangkatnya, dalam kedudukan keran induk dengan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau. Sebagai beban rencana harus diambil beban keran tersebut dengan mengalikannya dengan suatu koefisien kejut yang ditentukan dengan rumus berikut:  
$$\psi = (1 + k_1 k_2 v) \geq 1,15$$
  
dimana :

$\psi$  = koefisien kejut yang nilainya tidak boleh diambil kurang dari 1,15

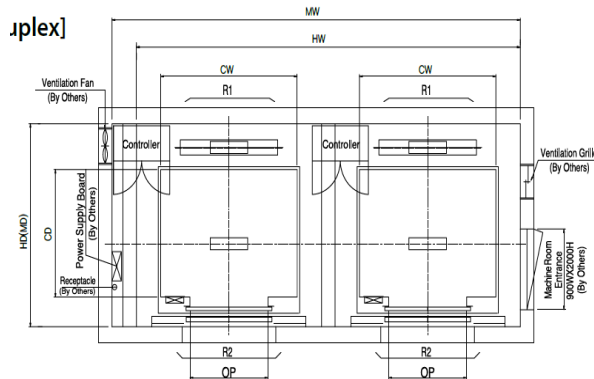
$v$  = kecepatan angkat maksimum dalam m/det pada pengangkatan muatan maksimum dalam kedudukan keran induk dan keran angka yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau, dan nilainya tidak perlu diambil lebih dari 1,00 m/det.

$k_1$  = koefisien yang bergantung pada kekakuan struktur keran induk, yang untuk keran induk dengan struktur rangka, pada umumnya nilainya dapat diambil sebesar 0,6.

$k_2$  = koefisien yang bergantung pada sifat mesin angkat dari keran angkatnya, dan di ambil sebesar 1,3

Jadi, beban yang bekerja pada balok adalah :

$$P = \Sigma R \cdot \psi = (6150 + 4600) \cdot (1 + 0,6 \cdot 1,3 \cdot 1) \\ = 10750 \cdot 1,78 = 19135 \text{ kg}$$



**Gambar 4. 18** Denah lift

#### 4.4.1.1 Data Perencanaan Penggantung Lift

Digunakan profil WF 350x250x8x12

$$A = 88,15 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 18500 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 1100 \text{ cm}^3$$

$$W = 69,2 \text{ kg/m}$$

$$I_y = 3090 \text{ cm}^4$$

$$S_y = 248 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned}
 bf &= 249 \text{ mm} & ix &= 14,5 \text{ cm} & Z_x &= 1163 \text{ cm}^3 \\
 d &= 336 \text{ mm} & iy &= 5,92 \text{ cm} & Z_y &= 377 \text{ cm}^3 \\
 tf &= 12 \text{ mm} & r &= 20 \text{ cm} \\
 tw &= 8 \text{ mm} \\
 h &= 272 \text{ mm} \\
 \text{BJ 41: } f_y &= 2500 \text{ kg/cm}^2 & f_r &= 700 \text{ kg/cm}^2 \\
 & f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2 & f_L &= f_y - f_r = 2500 - 700 \\
 \text{Beton: } f'_c &= 350 \text{ kg/cm}^2 & &= 1800 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{Panjang balok penggantung (L)} &= 275 \text{ cm} = 2,75 \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### 4.4.1.2 Pembebanan

##### 1. Beban mati

$$\begin{aligned}
 \text{Berat sendiri profil} &= 69,2 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat pelat beton atap lift} \\
 &= 0,10 \times 2400 \times 2,75 = 594 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat pelat combideck} \\
 &= 10,1 \text{ kg/m}^2 \times 2,75 = 27,77 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat aspal } t = 2 \text{ cm} \\
 &= 2 \times 14 \text{ kg/m}^2 \times 2,75 = 77 \text{ kg/m} + \\
 &= 767,97 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat ikatan (10\%)} &= 76,79 \text{ kg/m} + \\
 q_D &= 844,76 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban terpusat lift  $P_D = 30616 \text{ kg}$

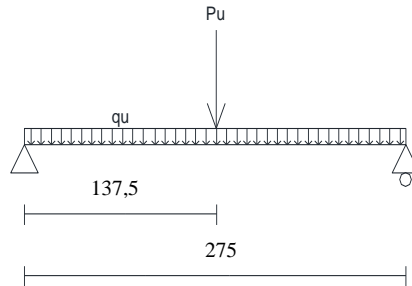
##### 2. Beban hidup ( $q_L$ )

$$= 100 \text{ kg/m}^2 \times 2,75 = 275 \text{ kg/m}$$

##### 3. Kombinasi beban

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\
 &= 1,2 (844,76 \text{ kg/m}) + 1,6 (275 \text{ kg/m}) \\
 &= 1413,71 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_U &= 1,4 P_D \\
 &= 1,4 (19135) \\
 &= 26789 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4. 19** Sketsa perhitungan balok penggantung lift

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{1}{2} \times q_U \times L + \frac{1}{2} \times P_U \\
 &= \frac{1}{2} \times 1413,71 \times 2,75 + \frac{1}{2} \times 26789 \\
 &= 15388,35 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 + \frac{1}{4} \times P_U \times L \\
 &= \frac{1}{8} \times 14,1371 \times 275^2 + \frac{1}{4} \times 26789 \times 275 \\
 &= 1975383,52 \text{ kg. cm} = 19753,83 \text{ kg. m}
 \end{aligned}$$

#### 4.4.1.3 Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

a. Untuk sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{249}{2 \times 12} = 10,375$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$



$$\frac{b_f}{2t_f} \leq \lambda_p$$

b. Untuk badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{272}{8} = 34$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda_p$$

(Sumber: SNI 1729:2015 Tabel 4.1)

Maka  $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x$$

$$= 1163 \times 2500$$

$$= 2907500 \text{ kg. cm} = 29075 \text{ kg. m}$$

$$\phi \cdot M_n = 0,9 \times 29075 = 26167,5 \text{ kg. m}$$

Syarat:  $\phi \cdot M_n > M_u$

$$26167,5 \text{ kg. m} > 19753,83 \text{ kg. m}$$

#### 4.4.1.4 Kontrol Kuat Geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{272}{8} = 34$$

$$\frac{1100}{\sqrt{f_y}} = \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69,57$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{h}{t_w} = 34 \\ \frac{1100}{\sqrt{f_y}} = 69,57 \end{array} \right\} \frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \text{ (plastis)}$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w$$

$$= 0,6 \times 2500 \times (33,8 \times 0,8) = 40320 \text{ kg}$$

$$\emptyset. Mn = 0,9 \times 40320 = 36288 \text{ kg}$$

$$Vu = 15388,35 \text{ kg}$$

$$\text{Syarat: } \emptyset. Vn > Vu$$

$$36288 \text{ kg} > 15388,35 \text{ kg (OK)}$$

#### 4.4.1.5 Kontrol Lendutan

$$\text{Lendutan ijin} = f_{ijin} = \frac{L}{360} \text{ (Sumber: SNI 1729:2015 Tabel 6.4-1)}$$

$$= \frac{275}{360} = 0,76 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^{\infty} &= \left[ \frac{5}{384} \frac{(qD+qL)L^4}{E.Ix} \right] + \left[ \frac{1}{48} \frac{P.L^3}{E.Ix} \right] \\ &= \left[ \frac{5}{384} \frac{(8,4476+2,75)275^4}{2 \times 10^6 \cdot 18500} \right] + \left[ \frac{1}{48} \frac{30616 \cdot 275^3}{2 \times 10^6 \cdot 18500} \right] \\ &= 0,4 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat: } f^{\infty} \leq f_{ijin}$$

$$0,4 \text{ cm} \leq 0,76 \text{ cm (OK)}$$

### 4.4.2 Perencanaan Balok Penumpu Lift

#### 4.4.2.1 Data Perencanaan

Digunakan profil WF 350x350x13x13

$A = 135,5 \text{ cm}^2$	$Ix = 28200 \text{ cm}^4$	$Sx = 1670 \text{ cm}^3$
$W = 106 \text{ kg/m}$	$Iy = 9380 \text{ cm}^4$	$Sy = 534 \text{ cm}^3$
$bf = 348 \text{ mm}$	$ix = 14,4 \text{ cm}$	$Zx = 1799 \text{ cm}^3$
$d = 344 \text{ mm}$	$iy = 8,33 \text{ cm}$	$Zy = 814 \text{ cm}^3$
$tf = 13 \text{ mm}$	$r = 20 \text{ cm}$	
$tw = 13 \text{ mm}$		
$h = 278 \text{ mm}$		

$$\text{BJ 41: } f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Beton: } f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_r = 700 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_L = f_y - f_r = 2500 - 700$$

$$= 1800 \text{ kg/cm}^2$$

#### 4.4.2.2 Pembebanan

##### 1. Beban Mati:

$$\text{Berat sendiri profil} = 106 \text{ kg/m}$$

$$= 106 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat ikatan (10\%)} = 10,6 \text{ kg/m}$$

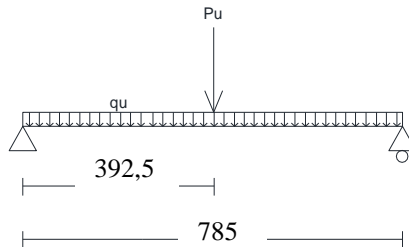
$$q_D = 116,6 \text{ kg/m}$$

Beban terpusat akibat reaksi balok penggantung lift

$$P_D = 19135 \text{ kg}$$

##### 2. Kombinasi beban

$$Q_u = 1,4 q_D = 1,4 \times 116,6 = 163,24 \text{ kg}$$



**Gambar 4. 20** Sketsa perhitungan balok penumpu lift

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L + \frac{1}{2} \cdot P_u$$

$$= \frac{1}{2} \times 163,24 \times 7,85 + \frac{1}{2} \times 19135 = 10208,217 \text{ kg}$$

$$M_u = \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot L^2 + \frac{1}{4} \cdot P_u \cdot L$$

$$= \frac{1}{8} \times 163,24 \times 7,85^2 + \frac{1}{4} \times 19135 \times 7,85$$

$$= 38809,84 \text{ kgm}$$

#### 4.4.2.3 Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

a. Untuk Sayap

$$\left. \begin{aligned} &= \frac{bf}{2tf} = \frac{250}{2 \times 13} = 9,62 \\ &= \lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75 \end{aligned} \right\} \frac{bf}{2tf} \leq \lambda_p$$

b. Untuk badan

$$\left. \begin{aligned} &= \frac{h}{tw} = \frac{272}{13} = 20,92 \\ &\lambda_{pw} = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35 \end{aligned} \right\} \frac{h}{tw} \leq \lambda_p$$

(Sumber: SNI 1729:2015 Tabel 4.1)

Penampang profil Kompak Karena rasio kelangsingan sayap dan rasio tinggi badan memenuhi persyaratan, maka  $M_n = M_p$

$$M_p = f_y Z_x$$

$$= 2500 \times 1799$$

$$= 4497500 \text{ kg.cm} = 44975 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 44975$$

$$= 40477,5 \text{ kg.m}$$

Syarat:  $\phi M_n > M_u$

$$40477,5 \text{ kg.m} > 38809,84 \text{ kg.m (OK)}$$

#### 4.4.2.4 Kontrol Lateral Buckling

$$L_b = 785 \text{ cm}$$

Dari table profil WF didapatkan nilai:

$$L_p = 298,682 \text{ cm}$$

$$L_r = 936,253 \text{ cm}$$

Karena  $L_p < L_b < L_r$  maka termasuk bentang menengah, sehingga:

$$M_n = C_b \left[ M_R + (M_P - M_R) \frac{L_R - L_B}{L_R - L_P} \right]$$

$$M_R = S_x(f_y - f_r) = 1670 \times 1800 = 3006000 \text{ kg.cm}$$

$$M_P = Z_x f_y = 1670 \times 2500 = 4175000 \text{ kg.cm}$$

$$M_{\max} = 38809,84 \text{ kgm}$$

$$M_A = R_A \times (3,25) - (1/2 P_u \times (3,25)) - (P_u \times 0,65) - (1/2 \times q_u \times (3,25^2))$$

$$= (10208,217 \times 3,25) - (1/2 \times 19135) - (19135 \times 0,65) - (1/2 \times 163,24 \times 3,25^2)$$

$$= 10309,344 \text{ kg.m}$$

$$M_A = M_C$$

$$M_B = M_{\max} = 38809,84 \text{ kg.m}$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 38809,84}{2,5 \times 38809,84 + 3 \times 10309,344 + 4 \times 38809,84 + 3 \times 10309,344}$$

$$= 1,22$$

$$M_n = 1,22 \times \left[ 30060 + (41750 - 30060) \times \frac{936,253 - 785}{936,253 - 298,682} \right]$$

$$= 40056,57 \text{ kg.m} < M_P$$

$$\phi \cdot M_n = 0,9 \times 40056,57 = 39225,44 \text{ kg.m} > M_u = 38809,84 \text{ kg.m}$$

(OK)

#### 4.5 Perencanaan Balok Anak dan Lantai

Fungsi dari balok anak adalah meneruskan serta membagi beban yang dipikul pelat lantai ke balok induk. Balok anak didesain sebagai struktur sekunder sehingga dalam perhitungan tidak menerima beban lateral yang diakibatkan oleh gempa.

Menggunakan profil WF 300x300x9x14

$$\begin{aligned}
 w &= 84,5 \text{ kg/m} & i_x &= 13 \text{ cm} \\
 d &= 298 \text{ mm} & i_y &= 4.71 \text{ cm} \\
 bf &= 299 \text{ mm} & S_x &= 771 \text{ cm}^3 \\
 tw &= 9 \text{ mm} & S_y &= 160 \text{ cm}^3 \\
 tf &= 14 \text{ mm} & Z_x &= 1351 \text{ cm}^3 \\
 r &= 18 \text{ mm} & Z_y &= 631 \text{ cm}^3 \\
 A &= 110,8 \text{ cm}^2 & h &= d - 2(tf+r) \\
 I_x &= 18800 \text{ cm}^4 & &= 298 - 2(14+18) \\
 I_y &= 6240 \text{ cm}^4 & &= 234 \text{ mm} \\
 BJ 41: f_y &= 2500 \text{ kg/m}^2 \\
 f_u &= 4100 \text{ kg/m}^2 \\
 f_r &= 700 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Beton } (f_c') &= 300 \text{ kg/m}^2 \\
 f_r &= 30\% \times f_y = 750 \text{ kg/cm}^2 \\
 f_L &= f_y - f_r = 2500 - 750 = 1750 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Panjang balok anak (L) = 9,05 m

##### 4.5.1 Kondisi Balok Anak Sebelum Komposit

###### 1. Beban Mati

Berat pelat bondek	
$= 10,1 \text{ kg/m}^2 \times 3,2 \text{ m}$	$= 32,32 \text{ kg/m}^2$
Berat sendiri pelat beton	
$= 0,1 \times 2400 \times 3,2$	$= 691,2 \text{ kg/m}^2$
Berat sendiri profil	$= 84,5 \text{ kg/m} +$
	<hr/>
	$= 808,02 \text{ kg/m}$
Sambungan dll	$= 80,802 \text{ kg/m}$
$q_D$	$= 888,82 \text{ kg/m}$

## 2. Beban Berfaktor:

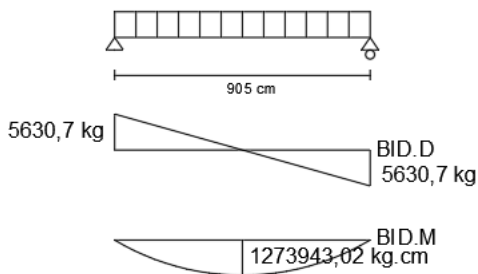
$$\begin{aligned}
 Q_U &= 1,4 q_D \\
 &= 1,4 (888,82) \\
 &= 1244,34 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

## 3. Momen yang terjadi

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} q_u x L = \frac{1}{8} \times 1244,34 \times 9,05^2 \\
 &= 12739,43 \text{ kgm} = 1273943,017 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

## 4. Gaya geser yang terjadi

$$V_u = \frac{1}{2} q_u x L = \frac{1}{2} \times 1244,34 \times 9,05 = 5630,69 \text{ kg}$$



**Gambar 4. 21** Bidang D dan M pada komposit balok sebelum komposit

#### 4.5.1.1 Kontrol Lendutan

Lendutan ijin =  $f_{ijin} = \frac{L}{360}$  (Sumber SNI 1729: 2015 Tabel 6.4 – 1)

$$= \frac{905}{360} = 2,5 \text{ cm}$$

$$f^o = \left[ \frac{5}{384} \frac{(q_D)L^4}{E.I_x} \right] = \frac{5}{384} \frac{(8,88) \times 905^4}{2 \times 10^6 \times 18800} = 2,065 \text{ cm}$$

Syarat;  $f^o \leq f_{ijin}$

$$2,065 \text{ cm} \leq 2,5 \text{ cm (OK)}$$

#### 4.5.1.2 Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

a. Untuk sayap

$$\left. \begin{aligned} \frac{bf}{2tf} &= \frac{299}{2 \times 14} = 10,68 \\ \lambda_{pf} &= 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75 \end{aligned} \right\} \frac{bf}{2tf} \leq \lambda_p$$

b. Untuk badan

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{tw} &= \frac{234}{9} = 26 \\ \lambda_{pw} &= 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35 \end{aligned} \right\} \frac{h}{tw} \leq \lambda_p$$

(Sumber: SNI 1729:2015 Tabel 4.1)

Penampang profil kompak karena rasio kelangsingan sayap dan rasio tinggi badan memenuhi persyaratan, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 1351 \\ &= 3377500 \text{ kg.cm} \\ &= 33775 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\phi \cdot M_n = 0,9 \times 33775 = 30397,5 \text{ kg.m}$$

Syarat:  $\phi \cdot M_n > M_u$

$$30397,5 \text{ kg.m} > 12739,43 \text{ kg.m (OK)}$$

#### 4.5.1.3 Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

$$L_b = 905 \text{ cm}$$



$$L_p = 234,45 \text{ cm (dari tabel } L_p \text{ dan } L_r)$$

$$L_r = 742,89 \text{ cm}$$

$L_b > L_r$  (bentang panjang), Karena bentang panjang, maka  $M_n = M_{cr}$

$$M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L} \sqrt{EI_y GJ + \left( \frac{\pi E}{L} \right)^2 I_y I_w} \leq M_p$$

$$\begin{aligned} M_A = M_C &= (V_u \times 3,02) - (1/2 \times q_u \times 3,02^2) \\ &= (5630,68 \times 3,02) - (1/2 \times 1244,34 \times 3,02^2) \\ &= 11330,187 \text{ kg.m} = 1133018,7 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_b &= (V_u \times 4,525) - (1/2 \times q_u \times 4,525^2) \\ &= (5630,68 \times 4,525) - (1/2 \times 1244,34 \times 4,525^2) \\ &= 12692,378 \text{ kg.m} = 1269237,8 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 11793,15}{2,5 \times 11793,15 + 3 \times 10488,58 + 4 \times 11793,15 + 3 \times 10488,58} = 1,05 \leq 2,3$$

$$G = 80000 \text{ kg/cm}^2$$

$$J = \sum \frac{1}{3} b t^3 \rightarrow b \text{ badan} = d - 2t_f = 294 - 2 \times 12 = 270$$

$$= \frac{1}{3} \times (27) \times 0,9^3 + 2 \times \frac{1}{3} \times (29,9) \times 1,4^3 = 61,26 \text{ cm}^4$$

$$I_w = I_y \frac{h^2}{4} \rightarrow h_1 = d - 2t_f = 294 - 2 \times 12 = 270 \text{ mm}$$

$$= 6240 \times \frac{27^2}{4} = 1137240 \text{ cm}^4$$

$$M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L} \sqrt{EI_y GJ + \left(\frac{\pi E}{L}\right)^2 I_y I_w} \leq M_p =$$

$$1,06 \frac{\pi}{905} \sqrt{2 \times 10^6 \times 1600 \times (8.10^5) \times 27,65 + \left(\frac{\pi \times 2.10^6}{905}\right)^2 \times 1600 \times 291600}$$

$$= 978487,9412 \text{ kg.cm} = 9784,87 \text{ kg.m}$$

$$M_p = 2057500 \text{ kg.cm} = 20575 \text{ kg.m}$$

$$M_n = M_{cr} = 2860810,879 \text{ kg.cm}$$

$$= 288608,11 \text{ kg.m}$$

$$\emptyset.M_n = 25747,298 \text{ kg.m}$$

$$\text{Syarat: } \emptyset.M_n > M_u$$

$$25747,298 \text{ kg.m} > 12739,43 \text{ kgm (OK)}$$

#### 4.5.1.4 Kontrol Kuat Geser

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{234}{9} = 26 \\ \frac{1100}{\sqrt{f_y}} &= \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69,57 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w$$

$$= 0,6 \times 2500 \times (23,4 \times 0,9) = 402300 \text{ kg}$$

$$\emptyset.V_n = 0,9 \times 402300 = 362070 \text{ kg}$$

$$V_u = 5630,687 \text{ kg}$$

$$\text{Syarat: } \emptyset.V_n > V_u$$

$$362070 \text{ kg} > 5630,687 \text{ kg (OK)}$$

#### 4.5.2 Kondisi Balok Anak Setelah Komposit

##### 1. Beban Mati

Berat pelat bondek = $10,1 \text{ kg/m}^2 \times 3,2 \text{ m}$	= $32,32 \text{ kg/m}^2$
Berat sendiri pelat beton = $0,10 \times 2400 \times 3,2$	= $691,2 \text{ kg/m}^2$
Berat sendiri profil	= $84,5 \text{ kg/m}^2$
Berat spesi (2cm) = $2 \times 21 \text{ kg/m}^2 \times 3,2$	= $134,4 \text{ kg/m}^2$
Berat keramik = $1,24 \text{ kg/m}^2 \times 3,2$	= $3,97 \text{ kg/m}^2$
Berat rangka+plafond = $10 \text{ kg/m}^2 \times 3,2 \text{ m}$	= $32 \text{ kg/m}^2$
Berat ducting+plumbing = $10 \text{ kg/m}^2 \times 3,2 \text{ m}$	= $32 \text{ kg/m}^2$
	<hr/>
	= 1035,988
	kg/m <sup>2</sup>
Sambungan dll (10%)	= 103,59 kg/m <sup>2</sup> +
	<hr/>
$q_D$	= 1139,58 kg/m <sup>2</sup>

##### 2. Beban hidup

$$q_L = 3,2 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2 = 800 \text{ kg/m}$$

##### 3. Beban berfaktor

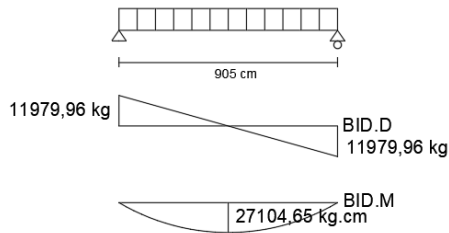
$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 (q_D) + 1,6 (q_L) \\ &= 1,2 (1139,58) + 1,6 (800) \\ &= 2647,504 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

##### 4. Momen yang terjadi

$$M_u = \frac{1}{8} q_U x L^2 = \frac{1}{8} \times 2647,504 \times 9,05^2 = 27104,65 \text{ kg. m}$$

##### 5. Gaya geser yang terjadi

$$V_u = \frac{1}{2} q_U x L = \frac{1}{2} \times 2647,504 \times 9,05 = 11979,96 \text{ kg}$$



**Gambar 4. 22** Bidang D dan M pada komposit balok setelah komposit

#### 4.5.2.1 Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

a. Untuk sayap

$$\begin{aligned} &= \frac{bf}{2tf} = \frac{250}{2 \times 13} = 9,62 \\ &\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} &= \frac{bf}{2tf} = \frac{250}{2 \times 13} = 9,62 \\ &\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75 \end{aligned}} \right\} \frac{bf}{2tf} \leq \lambda_p$$

b. Untuk badan

$$\begin{aligned} &= \frac{h}{tw} = \frac{272}{13} = 20,92 \\ &\lambda_{pw} = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} &= \frac{h}{tw} = \frac{272}{13} = 20,92 \\ &\lambda_{pw} = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35 \end{aligned}} \right\} \frac{h}{tw} \leq \lambda_p$$

(Sumber: SNI 1729:2015 Tabel 4.1)

Penampang profil kompak karena rasio kelangsingan sayap dan rasio tinggi badan memenuhi persyaratan, maka  $M_n = M_p$

$$M_p = fy \times Z_x$$

$$= 2500 \times 1351 = 3377500 \text{ kg.cm}$$

$$= 33775 \text{ kg.m}$$

$$\phi.M_n = 0,9 \times 33775 = 30397,5 \text{ kg.m}$$

Syarat:  $\phi \cdot M_n > M_u$

$30397,5 \text{ kg.m} > 27104,65 \text{ kg.m (OK)}$

#### 4.5.2.2 Menentukan Lebar Efektif Pelat Beton

$$b_{eff} \leq \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} (905) = 226,25 \text{ cm}$$

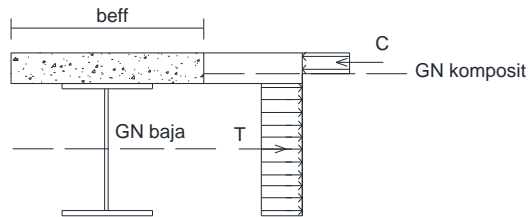
$$b_{eff} \leq S = 3,2 \text{ m} = 3200 \text{ mm}$$

Jadi  $b_{eff} = 226,25 \text{ cm}$

#### 4.5.2.3 Menentukan Gaya Tekan yang Terjadi pada Pelat

$$C = 0,85 \times f_c' \times t_{plat} \times b_{eff} = 0,85 \times 300 \times 9 \times 226,25 = 519243,8 \text{ kg}$$

$$T = A_s \times f_y = 110,8 \times 2500 = 277000 \text{ kg (menentukan)}$$



**Gambar 4. 23** Gaya yang terjadi pada balok komposit

#### 4.5.2.4 Menentukan jarak dari Centroid Gaya yang Bekerja

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_{eff}} = \frac{277000}{0,85 \times 300 \times 226,25} = 4,8 \text{ cm}$$

$$d1 = h_r + t_b - a/2 = 5,3 + 4,7 - (4,8/2) = 8,599 \text{ cm}$$

$$d2 = 0 \text{ (profil baja tidak mengalami tekan)}$$

$$d3 = d/2 = 29,8/2 = 14,9 \text{ cm}$$

#### 4.5.2.5 Menghitung Kekuatan Nominal Penampang Komposit

$$M_n = T \times e$$

$$= 277000 \times 21,49$$

$$= 5955332 \text{ kg.cm}$$

$$= 59553,32 \text{ kg.m}$$

$$\phi.M_n = 0,9 \times 59553,32 = 5359799 \text{ kg.cm}$$

$$= 53597,99 \text{ kgm}$$

$$\text{Syarat: } \phi.M_n > M_u$$

$$53597,99 \text{ kg.m} > 27104,65 \text{ kg.m (OK)}$$

Kekuatan nominal penampang komposit lebih besar daripada momen akibat beban berfaktor, sehingga penampang mampu menahan beban yang terjadi.

#### 4.5.2.6 Menghitung Luasan Transformasi Beton ke Baja

$$E_c = 0,041 \times w_c^{1.5} \times \sqrt{f_c'} = 0,041 \times 2400^{1.5} \times \sqrt{30} = 26403,5 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 2.10^5 \text{ Mpa}$$

$$b_{\text{eff}} = 226,25 \text{ cm}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2 \times 10^5}{26403,5} = 7,57$$

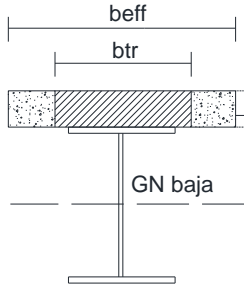
$$b_{tr} = \frac{b_{\text{eff}}}{n} = \frac{226,25}{7,57} = 29,86 \text{ cm}$$

$$A_{tr} = b_{tr} \times t_b = 29,86 \times 3,7 = 110,51 \text{ cm}$$

#### 4.5.2.7 Menentukan Letak Garis Netral

$$Y_{na} = \frac{\frac{A_{tr} \times t_b}{2} + \left( A_s \left( t_b + h_r + \frac{d}{2} \right) \right)}{(A_{tr} + A_s)}$$

$$= \frac{\frac{110,51 \times 3,7}{2} + \left(110,8 \left(9 + \frac{29,8}{2}\right)\right)}{(110,51 + 110,8)} = 12,88 \text{ cm}$$



**Gambar 4. 24** Lebar transformasi balok komposit

#### 4.5.2.8 Menentukan Nilai Momen Inersia Penampang Transformasi

$$I_{tr} = \frac{b_r (t_b)^3}{12} + A_r \left( Y_{na} - \frac{t_b}{2} \right)^2 + I_x + A_s \left( \left( \frac{d}{2} + t_p \right) - Y_{na} \right)^2$$

$$I_{tr} = \frac{29,86 \times 3,7^3}{12} + 110,51 \left( 12,88 - \frac{3,7}{2} \right)^2 + 18800 + 110,8 \left( \left( \frac{29,4}{2} + 9 \right) - 12,88 \right)^2 = 45735,02 \text{ cm}^4$$

#### 4.5.2.9 Kontrol Lendutan

Lendutan ijin =  $f_{ijin} = \frac{L}{360}$  (Sumber: SNI 03-1729-2015 Tabel 6.4 - 1)

$$= \frac{905}{360} = 2,51 \text{ cm}$$

$$f^o = \left[ \frac{5}{384} \frac{(qD + qL)L^4}{E \cdot I_{tr}} \right] = \frac{5}{384} \cdot \frac{(11,39 + 8)9,05^4}{2 \cdot 10^5 \cdot 45735,02} = 1,85 \text{ cm}$$

Syarat:  $f^o \leq f_{ijin}$

$$= 1,85 \text{ cm} \leq 2,51 \text{ cm (OK)}$$

#### 4.5.2.10 Kontrol Geser

Kuat geser balok tergantung pada perbandingan antara tinggi bersih pelat badan ( $h$ ) dengan tebal pelat badan ( $t_w$ )

$$= \frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} = \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69,57$$

$$= 26 \leq 69,57 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 f_y A_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times (29,8 \times 0,9) \\ &= 40230 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\phi \cdot V_n = 0,9 \times 40230 = 36207 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat: } \phi \cdot V_n &\geq V_u \\ 36207 \text{ kg} &\geq 11979,96 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

#### 4.5.2.11 Perencanaan Penghubung Geser

Penghubung geser yang dipakai adalah tipe stud dengan:

$$d_s = 19 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$f_u = 410 \text{ Mpa} = 41 \text{ kg/mm}^2$$

$$E_c = 0,041 \times w_c^{1.5} \times \sqrt{f_c'} = 0,041 \times 2400^{1.5} \times \sqrt{30} = 26403,5 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} Q_n &= 0,5 \times A_{sc} \times \sqrt{f_c' \times E_c} = 0,5 \times 283,53 \times \sqrt{30 \times 26403,5} \\ &= 126106,7 \text{ N} = 12610,67 \text{ kg/stud} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat: } Q_n &\leq A_{sc} \times f_u \\ 12610,67 &\leq 283,53 \times 41 = 11624,73 \end{aligned}$$

$$\text{Pakai } Q_n = 11624,73 \text{ kg/stud}$$

Jumlah stud untuk setengah bentang:

$$N = \frac{T_{\max}}{Q_n} = \frac{277000}{11624,73} = 21,96 = 22 \text{ buah}$$

Jadi dibutuhkan 44 buah stud untuk seluruh bentang jarak seragam ( $P$ ) dengan stud pada masing-masing lokasi:

$$P = \frac{L}{N} = \frac{905}{22} = 41,14 \text{ cm}$$



Jarak maksimum =  $8 \times t_{\text{plat}} = 8 \times 10 = 80 \text{ cm}$

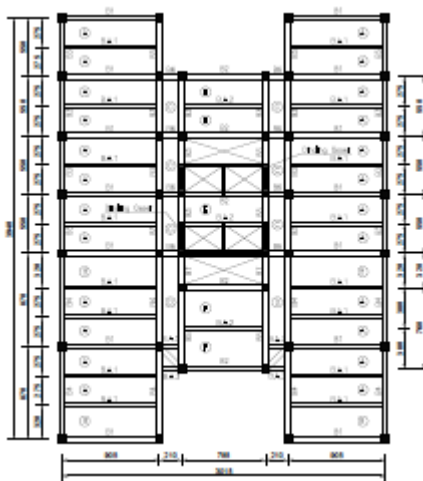
Jarak minimum =  $6 \times d = 6 \times 1,9 = 11,4 \text{ cm}$

Jadi shear connector dipasang sejarak 41 cm sebanyak 22 buah untuk masing-masing bentang.

## BAB V

### PEMODELAN STRUKTUR

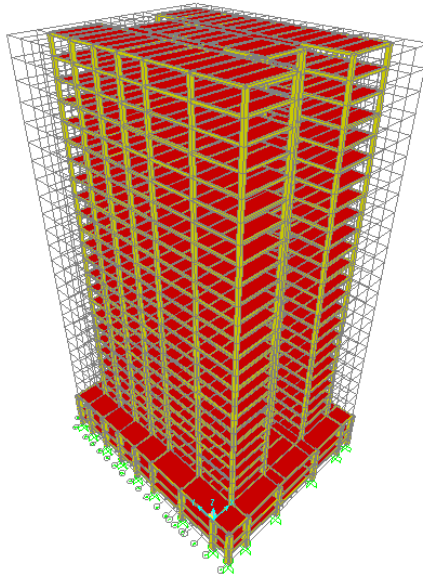
Struktur yang direncanakan adalah bangunan Apartemen yang terdiri dari 2 lantai basement, 23 lantai apartemen dengan total tinggi struktur 80,75 meter. Denah dari struktur yang ada dalam permodelan tugas akhir penulis adalah sebagai berikut:



**Gambar 5. 1** Denah Struktur Apartemen Aspen Admiralty

Pada gambar 5.1 arah vertikal mengikuti arah sumbu Y global (sumbu model) dan sumbu X adalah arah horisontal gambar. Permodelan struktur Apartemen Aspen Admiralty dilakukan menggunakan program bantu SAP 2000 v14. Pada program SAP 2000 v14, struktur apartemen akan dimodelkan sesuai dengan kondisi yang nyata. Program ini akan membantu dalam beberapa perhitungan yang akan digunakan untuk mengecek apakah struktur sudah memenuhi persyaratan yang ada di SNI 1726:2012 (Gempa) dan SNI 1729:2015 (Baja).

Berikut adalah pemodelan yang sudah dilakukan dalam program SAP 2000 v14 :



**Gambar 5. 2** Permodelan 3D Struktur Utama

### 5.1. Pembebanan Struktur Utama

Pembebanan struktur didasarkan pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG1983) dengan rincian sebagai berikut:

#### Beban mati (*dead load*)

- a. Sebelum komposit

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pelat bondek} &= 10.1 \text{ kg/m}^2 &= 10.1 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat pelat beton} &= 0.1 \times 2400 &= 240 \text{ kg/m}^2 \\
 &&= 250.1 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

- b. Setelah komposit

- Pelat atap

$$\begin{aligned}
 \text{Berat aspal (t=2cm)} &= 2 \times 14 &= 28 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat rangka+plafon} &= (11+7) &= 18 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat ducting plumbing} &&= 10 \text{ kg/m}^2 \\
 &&= 56 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

- Pelat lantai

$$\begin{aligned}
 \text{Berat spesi (t=2cm)} &= 2 \times 21 &= 42 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat keramik (t=1cm)} &= 1 \times 24 &= 24 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat rangka+plafon} &= (11+7) &= 18 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat ducting plumbing} &&= 10 \text{ kg/m}^2 + \\
 &&= 94 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

- Berat sendiri

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pelat bondek} &= 10.1 \text{ kg/m}^2 &= 10.1 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat pelat beton} &= 0.1 \times 2400 &= 240 \text{ kg/m} + \\
 &&= 250.1 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Beban lift

Beban lift adalah beban terpusat pada balok lantai teratas.  
 Besar beban lift terlampa

#### Beban hidup (*live load*)

Beban hidup adalah beban yang bertumpu pada bangunan yang memiliki kemungkinan untuk lepas dari bangunan tersebut. Beban hidup sudah termasuk perlengkapan ruangan dan dinding pemisah ringan (dinding partisi) yang beratnya tidak melebihi  $100 \text{ kg/m}^2$ . Rincian pembebanan untuk beban hidup adalah sebagai berikut:

a. Setelah komposit

$$\begin{aligned}
 \text{Lantai atap} &= 100 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Lantai Apartemen} &= 250 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Lantai parkir bawah} &= 800 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Lantai parkir tingkat lainnya} &= 400 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

b. Beban gempa (*earthquake load*)

Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamik.

#### **5.1.1. Berat Total Bangunan**

Perhitungan nilai total berat bangunan ini akan digunakan untuk menentukan gaya geser statik. Nilai tersebut digunakan untuk mengecek apakah perhitungan struktur apartemen Aspen Admiralty Jakarta Selatan yang menggunakan pembebanan gempa dinamik gaya geser nya sudah mencapai 80% gaya geser statik.

Pada tugas akhir ini perhitungan berat struktur diambil dari hasil analisis menggunakan program SAP 2000 v14 untuk kombinasi 1D + 1L.

## **5.2. Pembebanan Gempa Dinamis**

Pada struktur apartemen aspen admiralty ini mempunyai jumlah lantai 23 dan 2 basement dengan ketinggian 80,75m. Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 1726:2012. Analisisnya dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

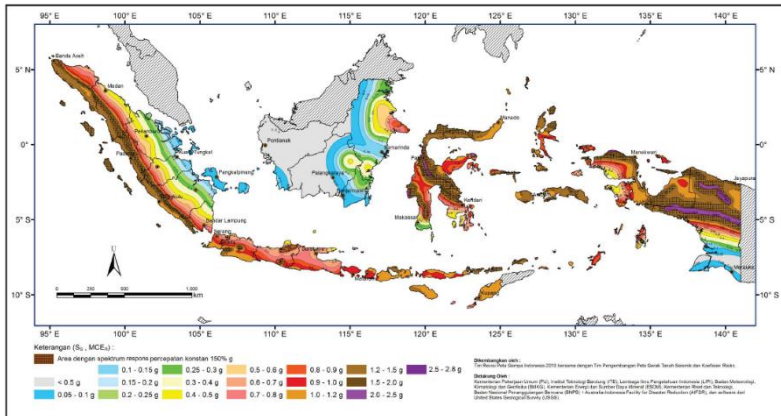
### **5.2.1. Arah pembebanan**

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga) baik dalam arah x dan y secara bolak-balik dan periodikal. Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa yang arahnya tegak lurus dengan arah utama dengan efektifitas 30%.

- Gempa Respon Spektrum X :  
100% efektivitas untuk arah X dan 30% efektivitas arah Y
- Gempa Respon Spektrum Y :  
100% efektivitas untuk arah Y dan 30% efektifitas arah X

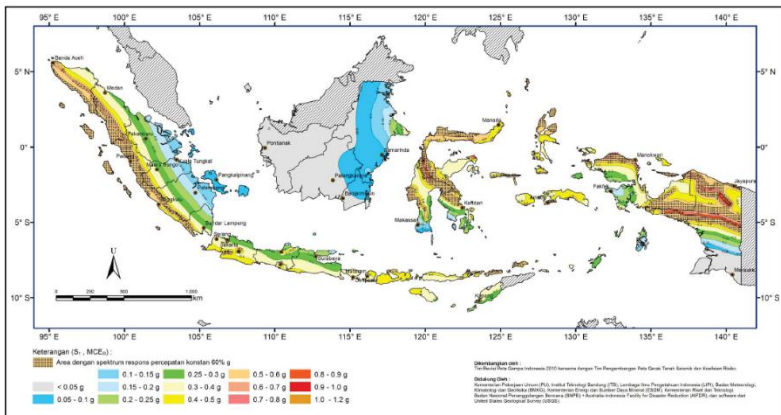
### **5.2.2. Parameter respon spektrum rencana**

Parameter respon spektrum rencana digunakan untuk menentukan gaya gempa rencana yang bekerja pada struktur. Pada tugas akhir ini, perhitungan gaya gempa digunakan analisis dinamik sesuai persyaratan SNI 1726:2012. Penentuan wilayah gempa dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4



**Gambar 5. 3** Peta untuk menentukan harga  $S_s$

Gempa Maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaian (MCER) parameter gerak tanah, untuk percepatan respons spektral 0,2 detik dalam g (5% redaman kritis), kelas situs SB. Dari gambar 5.3 untuk daerah Jakarta didapatkan nilai  $S_s = 0,686$  g.



**Gambar 5. 4** Peta untuk menentukan harga  $S_1$

Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaian (MCER) parameter gerak tanah, untuk percepatan respons spektral 1 detik dalam g (5% redaman kritis), kelas situs SB. Dari gambar 5.4 untuk wilayah Jakarta  $S_1 = 0,3$  g.

Untuk nilai  $F_a$  (koefisien situs untuk periode 0,2 detik) dan  $F_v$  (koefisien situs untuk periode 1 detik) yang didapat dari Tabel 5.1 dan Tabel 5.2.

**Tabel 5. 1** Koefisien situs  $F_a$

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa				
	MCE <sub>R</sub> Terpetakan				
	Pada Periode Pendek, T=0,2 detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1	1	1	1	1
SC	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS <sup>b</sup>				

**Tabel 5. 2** Koefisien situs  $F_v$

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa				
	MCE <sub>R</sub> Terpetakan				
	Pada Periode T=1 detik, $S_1$				
	$S_s \leq 0,1$	$S_s = 0,2$	$S_s = 0,3$	$S_s = 0,4$	$S_s \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1	1	1	1	1
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS <sup>b</sup>				

Dari data diatas diperoleh data-data sebagai berikut :

$$S_s = 0,686$$

$$S_1 = 0,3$$

$$F_a = 1.329$$

$$F_v = 2,8$$

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (\text{SNI 1726:2012 Pers. 6.2-1})$$

$$= 1,329 \times 0,686$$

$$= 0,911$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (\text{SNI 1726:2012 Pers. 6.2-1})$$

$$= 2,8 \times 0,3$$

$$= 0,84$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,911 = 0,607 \quad (\text{SNI 1726:2012 Pers. 6.2-3})$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,84 = 0,56 \quad (\text{SNI 1726:2012 Pers. 6.2-4})$$

### 5.2.3. Faktor reduksi gempa (R)

Gedung ini direncanakan dengan sistem rangka pemikul momen dinding geser beton bertulang khusus. Berdasarkan tabel 9 SNI 1726:2012 didapatkan nilai faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ) = 5.5, nilai koefisien modifikasi respon ( $R$ ) = 7 dan nilai faktor kuat lebih sistem ( $\Omega$ ) = 2.5

### 5.2.4. Faktor keutamaan (I)

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan  $I_e$ . Gedung ini direncanakan sebagai bangunan perkantoran. Pada tabel 1 SNI 1726:2012 bangunan ini termasuk kategori II sehingga didapat nilai  $I = 1$ .

## 5.3. Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu SAP 2000 v14, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan



peraturan SNI 1726:2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut:

- Kontrol partisipasi massa
- Kontrol periode getar struktur
- Kontrol nilai akhir respon spektrum
- Kontrol batas simpangan (*drift*)
- Kontrol system ganda

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.

### 5.3.1 Kontrol partisipasi massa

Menurut SNI 1726:2012 ps 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa aktual dari masing-masing arah

Dalam hal ini digunakan bantuan program SAP 2000 v14 untuk mengeluarkan hasil partisipasi massa seperti pada Tabel 5.2 berikut:

**Tabel 5.3** Rasio Partisipasi Massa Apartemen Aspen Admiralty

OutputCase	StepType	StepNum	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.035	3.345E-07
MODAL	Mode	2	0.685	0.000001117
MODAL	Mode	3	0.685	0.696
MODAL	Mode	4	0.689	0.696
MODAL	Mode	5	0.822	0.696
MODAL	Mode	6	0.822	0.82
MODAL	Mode	7	0.823	0.82
MODAL	Mode	8	0.877	0.82
MODAL	Mode	9	0.877	0.875

MODAL	Mode	10	0.877	0.875
MODAL	Mode	11	0.902	0.875
MODAL	Mode	12	0.909	0.875
MODAL	Mode	13	0.909	0.908
MODAL	Mode	14	0.91	0.908
MODAL	Mode	15	0.91	0.908

Dari tabel di atas didapat partisipasi massa arah X sebesar 91% pada moda ke 14 dan partisipasi massa arah Y sebesar 91% pada moda ke 15. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SN 1726:2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

### 5.3.2 Kontrol waktu getar alami fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 1726:2012, periode fundamental struktur harus ditentukan dari :

$$T = C_t \cdot h_n^x$$

Nilai T di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atas nya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai  $S_{D1}$ .

Struktur Apartemen Aspen Admiraty memiliki tinggi struktur 73.15 m. Pada struktur ini digunakan tipe struktur rangka baja pemikul momen sehingga pada tabel 15 SNI 1726:2012 didapatkan nilai:

$$C_t = 0.0724$$

$$x = 0,8$$

$$h_n = 80,75 \text{ m}$$

maka:

$$\begin{aligned} T &= 0.0724 \times 80,75^{0.8} \\ &= 2,43 \text{ s} \end{aligned}$$

Nilai  $C_u$  didapat dari tabel 14 SNI 1726:2012, untuk nilai  $S_{D1} = 0,56$ , maka :

$$C_u \cdot T = 1.4 \times 2.44 = 3,4 \text{ s}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapat,

**Tabel 5.4** Periode Struktur

OutputCase	StepNum	Period
Text	Unitless	Sec
MODAL	1	2.445
MODAL	2	2.204
MODAL	3	2.062
MODAL	4	0.798
MODAL	5	0.674
MODAL	6	0.641
MODAL	7	0.446
MODAL	8	0.344
MODAL	9	0.334
MODAL	10	0.295
MODAL	11	0.217
MODAL	12	0.216
MODAL	13	0.210
MODAL	14	0.170
MODAL	15	0.161

Dari tabel di atas didapat  $T = 2.445 \text{ s}$ . Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai  $T$  masih lebih kecil dari  $C_u \times T$ . Jadi analisis struktur apartemen Aspen Admiralty masih memenuhi syarat SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2.

### 5.3.3. Kontrol nilai akhir respon spektrum

Berdasarkan SNI 1726:2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah :

$$V = C_s \times W \quad (\text{SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1})$$

Dimana:

$$C_s = \frac{SD_s}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,607}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,087$$

Nilai  $C_s$  di atas nilainya tidak perlu diambil lebih besar dari:

$$C_s = \frac{SD1}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,56}{1,72\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,033 < 0,076$$

Maka diambil  $C_s = 0,033$

Dan tidak lebih kecil dari:

$$\begin{aligned} C_s &= 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \\ &= 0,044 \cdot 0,607 \cdot 1 \\ &= 0,026708 < 0,033 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Dari program analisa struktur SAP2000, didapat berat total struktur adalah 42896316 kg. Maka :

$$\begin{aligned} V_{\text{statik}} &= C_s \cdot W \\ &= 0,027 \cdot 42896316 \text{ kg} \\ &= 1158201 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP 2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut:

**Tabel 5.5** Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

Beban Gempa	Global FX (kg)	Global FY (kg)
Gempa Arah X	436491.65	143237.15
Gempa Arah Y	130960.14	446123.04

Kontrol :

Untuk gempa arah X:

$$\begin{aligned} V_{\text{dinamik}} &\geq 85\% \cdot V_{\text{statik}} \\ 436491,65 \text{ kg} &> 85\% \cdot 1158201 \text{ kg} \\ 436491,65 \text{ kg} &> 984470.5 \text{ kg (Not OK)} \end{aligned}$$

Untuk gempa arah Y:

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \cdot V_{\text{statik}}$$

$$446123.04 \text{ kg} > 85\% \cdot 1158201 \text{ kg}$$

$$446123.04 \text{ kg} > 984470.5 \text{ kg (Not OK)}$$

Dari kontrol di atas, analisis Apartemen Aspen Admiralty masih belum memenuhi syarat nilai akhir respon. Pada Pasal 11.1.4 SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.2 dijelaskan apabila gaya geser dasar hasil analisis kurang dari 85%, maka harus diperbesar dengan faktor skala  $0,85 \cdot \frac{C_s \cdot W}{V}$ .

Untuk arah X:

$$0,85 \cdot \frac{C_s \cdot W}{V} = 0,85 \cdot \frac{0,027 \cdot 42896316}{436491,65} = 2,26$$

Untuk arah Y:

$$0,85 \cdot \frac{C_s \cdot W}{V} = 0,85 \cdot \frac{0,027 \cdot 42896316}{446123.04} = 2,21$$

Setelah dikali faktor skala di atas didapatkan gaya geser dasar sebagai berikut:

**Tabel 5.6** Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa  
Setelah Dikalikan dengan Faktor Skala

Beban Gempa	Global FX (kg)	Global FY (kg)
Gempa Arah X	984470.45	316084.87
Gempa Arah Y	295369.66	984470.45

Kontrol :

Untuk gempa arah X:

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \cdot V_{\text{statik}}$$

$$984470.45 \text{ kg} \geq 85\% \cdot 1158201 \text{ kg}$$

$$984470.45 \text{ kg} \geq 984470.45 \text{ kg (OK)}$$

Untuk gempa arah Y:

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \cdot V_{\text{statik}}$$

$$984470.45 \text{ kg} \geq 85\% \cdot 1158201 \text{ kg}$$

$$984470.45 \text{ kg} \geq 984470.45 \text{ kg (OK)}$$

Dari kontrol di atas dapat disimpulkan bahwa analisis struktur Apartemen Aspen Admiralty masih memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.

#### 5.3.4 Kontrol batas simpangan antar lantai (*drift*)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus:

$$\Delta_i \leq \Delta_a$$

Dimana :

$\Delta_i$  = Simpangan yang terjadi

$\Delta_a$  = Simpangan ijin antar lantai

Perhitungan  $\Delta_i$  untuk tingkat 1 :

$$\Delta_1 = C_d \cdot \delta_{e1} / I$$

Perhitungan  $\Delta_i$  untuk tingkat 2 :

$$\Delta_2 = (\delta_{e2} - \delta_{e1}) \cdot C_d / I$$

Dimana :

$\delta_{e1}$  = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

$\delta_{e2}$  = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2

$C_d$  = Faktor pembesaran defleksi

$I$  = Faktor keutamaan gedung

Untuk sistem ganda rangka baja pemikul momen khusus dinding geser beton bertulang khusus, dari tabel 9 SNI 1726:2012 didapatkan nilai  $C_d = 5.5$  dan dari tabel 2 SNI 1726:2012 didapat nilai  $I = 1$ . Dari tabel 16 SNI 1726:2012 untuk sistem struktur yang lain simpangan antar tingkat ijinnya adalah:

$$\Delta_a = 0,020 \cdot h_{sx}$$

Dimana :

$h_{sx}$  = Tinggi tingkat dibawah tingkat x

- Untuk tinggi tingkat 3,325 m, simpangan ijinnya adalah

$$\Delta_a = 0,020 \cdot 3,325$$

$$= 0,0665 \text{ m}$$

$$= 66,5 \text{ mm}$$

- Untuk tinggi tingkat 4,6 m, simpangan ijinnya adalah

$$\Delta_a = 0,020 \cdot 4,6$$

$$= 0,092 \text{ m}$$

$$= 92 \text{ mm}$$

- Untuk tinggi tingkat 3 m, simpangan ijinnya adalah

$$\Delta_a = 0,020 \cdot 3$$

$$= 0,06 \text{ m}$$

$$= 60 \text{ mm}$$

Dari analisis akibat beban lateral (beban gempa) dengan program SAP 2000 v14.2.5, diperoleh nilai simpangan yang terjadi pada struktur yaitu sebagai berikut.

**Tabel 5.7** Simpangan Antar Lantai yang Terjadi Akibat Beban Gempa

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah X		Gempa Arah Y	
	Zi	Simpangan		Simpangan	
	(m)	X (mm)	Y (mm)	X (mm)	Y (mm)
23	76.475	83.414	20.469	21.166	60.921
22	73.15	81.363	20.040	20.608	59.694
21	69.825	79.066	19.560	19.996	58.247
20	66.5	76.573	19.030	19.342	56.649
19	63.175	73.876	18.443	18.639	54.886
18	59.85	70.966	17.795	17.887	52.948
17	56.525	67.846	17.087	17.085	50.834
16	53.2	64.489	16.311	16.231	48.513
15	49.875	61.009	15.494	15.345	46.092
14	46.55	57.341	14.621	14.415	43.499
13	43.225	53.505	13.698	13.448	40.758
12	39.9	49.517	12.727	12.447	37.878

11	36.575	45.392	11.712	11.415	34.871
10	33.25	41.150	10.658	10.358	31.750
9	29.925	36.816	9.571	9.281	28.533
8	26.6	32.420	8.458	8.190	25.243
7	23.275	27.999	7.330	7.094	21.906
6	19.95	23.574	6.192	5.998	18.529
5	16.625	19.297	5.083	4.930	15.257
4	13.3	15.115	3.997	3.886	12.037
3	9.975	11.121	2.961	2.889	8.948
2	6.65	7.429	2.006	1.963	6.066
1	3.325	4.270	1.180	1.157	3.540
-1	-4	1.326	0.368	0.360	1.125
-2	-3	0.254	0.072	0.068	0.219

**Tabel 5.8** Kontrol Simpangan Arah X Akibat Beban Gempa Arah X

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah X				Ket
	Zi	Simpangan Arah X				
	(m)	$\Delta$ (mm)	$\delta_{ei}$ (mm)	$\Delta_i$ (mm)	$\Delta_a$ (mm)	
23	73.15	83.414	2.052	9.233	66.5	OK
22	69.825	81.363	2.296	10.333	66.5	OK
21	66.5	79.066	2.494	11.222	66.5	OK
20	63.175	76.573	2.697	12.138	66.5	OK
19	59.85	73.876	2.910	13.094	66.5	OK
18	56.525	70.966	3.120	14.041	66.5	OK
17	53.2	67.846	3.357	15.106	66.5	OK
16	49.875	64.489	3.480	15.659	66.5	OK
15	46.55	61.009	3.668	16.505	66.5	OK
14	43.225	57.341	3.836	17.261	66.5	OK



13	39.9	53.505	3.989	17.949	66.5	OK
12	36.575	49.517	4.125	18.563	66.5	OK
11	33.25	45.392	4.242	19.087	66.5	OK
10	29.925	41.150	4.334	19.502	66.5	OK
9	26.6	36.816	4.396	19.781	66.5	OK
8	23.275	32.420	4.422	19.899	66.5	OK
7	19.95	27.999	4.425	19.910	66.5	OK
6	16.625	23.574	4.277	19.245	66.5	OK
5	13.3	19.297	4.183	18.822	66.5	OK
4	9.975	15.115	3.993	17.971	66.5	OK
3	6.65	11.121	3.693	16.617	66.5	OK
2	3.325	7.429	3.159	14.214	66.5	OK
1	0	4.270	2.944	13.248	66.5	OK
-1	-4.6	1.326	1.072	4.823	92	OK
-2	-3	0.254	0.254	1.144	60	OK

**Tabel 5.9** Kontrol Simpangan Arah Y Akibat Beban Gempa Arah X

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah X				Ket
	Zi	Simpangan Arah Y				
	(m)	$\Delta$ (mm)	$\delta_{ei}$ (mm)	$\Delta_i$ (mm)	$\Delta_a$ (mm)	
23	73.15	20.469	0.429	1.932	66.5	OK
22	69.825	20.039	0.480	2.160	66.5	OK
21	66.5	19.559	0.529	2.382	66.5	OK
20	63.175	19.030	0.587	2.642	66.5	OK
19	59.85	18.443	0.648	2.916	66.5	OK
18	56.525	17.795	0.709	3.189	66.5	OK
17	53.2	17.086	0.775	3.489	66.5	OK
16	49.875	16.311	0.818	3.679	66.5	OK

15	46.55	15.493	0.873	3.927	66.5	OK
14	43.225	14.621	0.923	4.154	66.5	OK
13	39.9	13.697	0.971	4.369	66.5	OK
12	36.575	12.727	1.015	4.567	66.5	OK
11	33.25	11.712	1.054	4.743	66.5	OK
10	29.925	10.658	1.087	4.893	66.5	OK
9	26.6	9.570	1.113	5.008	66.5	OK
8	23.275	8.458	1.128	5.078	66.5	OK
7	19.95	7.329	1.137	5.119	66.5	OK
6	16.625	6.192	1.109	4.990	66.5	OK
5	13.3	5.083	1.086	4.889	66.5	OK
4	9.975	3.996	1.036	4.661	66.5	OK
3	6.65	2.961	0.956	4.300	66.5	OK
2	3.325	2.005	0.825	3.715	66.5	OK
1	0	1.180	0.812	3.654	66.5	OK
-1	-4.6	0.368	0.296	1.332	92	OK
-2	-3	0.072	0.072	0.325	60	OK

**Tabel 5.10** Kontrol Simpangan Arah X Akibat Beban Gempa Arah Y

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah Y				Ket
	Zi	Simpangan Arah X				
	(m)	$\Delta$ (mm)	$\delta_{ei}$ (mm)	$\Delta_i$ (mm)	$\Delta_a$ (mm)	
23	73.15	21.166	0.558	2.511	66.5	OK
22	69.825	20.608	0.612	2.753	66.5	OK
21	66.5	19.996	0.654	2.944	66.5	OK
20	63.175	19.342	0.703	3.162	66.5	OK
19	59.85	18.639	0.753	3.388	66.5	OK
18	56.525	17.887	0.801	3.605	66.5	OK

17	53.2	17.085	0.854	3.843	66.5	OK
16	49.875	16.231	0.886	3.989	66.5	OK
15	46.55	15.345	0.930	4.183	66.5	OK
14	43.225	14.415	0.967	4.352	66.5	OK
13	39.9	13.448	1.001	4.506	66.5	OK
12	36.575	12.447	1.032	4.642	66.5	OK
11	33.25	11.415	1.057	4.757	66.5	OK
10	29.925	10.358	1.077	4.848	66.5	OK
9	26.6	9.281	1.091	4.908	66.5	OK
8	23.275	8.190	1.096	4.933	66.5	OK
7	19.95	7.094	1.096	4.931	66.5	OK
6	16.625	5.998	1.068	4.805	66.5	OK
5	13.3	4.930	1.044	4.699	66.5	OK
4	9.975	3.886	0.998	4.489	66.5	OK
3	6.65	2.889	0.926	4.166	66.5	OK
2	3.325	1.963	0.806	3.628	66.5	OK
1	0	1.157	0.797	3.585	66.5	OK
-1	-4.6	0.360	0.292	1.312	92	OK
-2	-3	0.068	0.068	0.307	60	OK

**Tabel 5.11** Kontrol Simpangan Arah Y Akibat Beban Gempa Arah Y

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah Y				Ket
	Zi	Simpangan Arah Y				
	(m)	$\Delta$ (mm)	$\delta_{ei}$ (mm)	$\Delta_i$ (mm)	$\Delta_a$ (mm)	
23	73.15	60.921	1.227	5.523	66.5	OK
22	69.825	59.694	1.446	6.509	66.5	OK
21	66.5	58.247	1.598	7.191	66.5	OK
20	63.175	56.649	1.763	7.934	66.5	OK

19	59.85	54.886	1.938	8.722	66.5	OK
18	56.525	52.948	2.114	9.511	66.5	OK
17	53.2	50.834	2.321	10.444	66.5	OK
16	49.875	48.513	2.421	10.895	66.5	OK
15	46.55	46.092	2.593	11.668	66.5	OK
14	43.225	43.499	2.741	12.336	66.5	OK
13	39.9	40.758	2.880	12.960	66.5	OK
12	36.575	37.878	3.007	13.533	66.5	OK
11	33.25	34.871	3.121	14.043	66.5	OK
10	29.925	31.750	3.217	14.475	66.5	OK
9	26.6	28.533	3.290	14.806	66.5	OK
8	23.275	25.243	3.337	15.018	66.5	OK
7	19.95	21.906	3.377	15.196	66.5	OK
6	16.625	18.529	3.272	14.723	66.5	OK
5	13.3	15.257	3.220	14.491	66.5	OK
4	9.975	12.037	3.088	13.897	66.5	OK
3	6.65	8.948	2.883	12.973	66.5	OK
2	3.325	6.066	2.525	11.365	66.5	OK
1	0	3.540	2.415	10.869	66.5	OK
-1	-4.6	1.125	0.906	4.078	92	OK
-2	-3	0.219	0.219	0.983	60	OK

Dari hasil kontrol tabel di atas maka analisis struktur apartemen Aspen Admiralty memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.

#### **5.3.5. Kontrol sistem ganda**

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1, bahwa untuk system ganda, rangka pemikul momen harus mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa desain. Tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding

geser atau bresing, dengan distribusi yang proposional terhadap kekauannya.

**Tabel 5.12** Kontrol Sistem Ganda

	GEMPA X		GEMPA Y	
<b>Joint</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>
Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf
2348	2937.69	1483.30	884.56	3787.67
2349	2643.77	1180.61	793.35	3458.20
2350	2665.81	1185.34	802.00	3470.13
2351	3165.00	1448.28	949.74	3715.54
2352	3027.91	1593.08	908.56	3601.79
2353	2767.07	1628.31	832.24	3626.14
2354	2868.97	1191.38	904.53	3538.27
2355	2874.98	1194.80	924.81	3550.92
2356	3448.90	1438.21	1048.54	3596.98
2357	3363.15	1299.17	1022.33	3834.78
2358	3404.04	1306.04	1041.85	3850.84
2359	3764.40	1412.94	1136.47	3547.70
2360	3648.11	1465.23	1101.38	3310.51
2361	3307.83	1486.08	1004.57	3306.12
2362	2483.90	1607.30	745.42	4211.74
2363	2483.45	1620.19	746.44	4223.80
2478	3448.43	1632.53	1064.81	4087.60
2479	5109.05	1551.71	1806.24	4119.18
2480	5133.38	1565.86	1797.91	4138.50
2481	3725.25	1601.26	1145.22	4025.75
2482	3524.60	1561.36	1079.82	3528.59
2483	3213.39	1594.21	987.59	3532.11
2486	3323.51	1788.69	1015.58	4467.36

2487	4695.45	1641.80	1629.51	4583.17
2488	4724.25	1658.65	1638.19	4608.41
2489	3550.01	1753.97	1083.47	4394.14
2490	3346.62	1669.83	1016.13	3729.13
2491	3073.45	1709.26	933.46	3744.81
2492	4434.64	1886.14	1349.28	5748.13
2493	4450.41	1888.86	1349.83	5764.98
2494	3407.41	1816.49	1023.00	4497.94
2495	4381.27	1625.62	1333.83	4750.20
2496	4405.00	1639.18	1337.07	4771.72
2497	3642.16	1783.78	1093.91	4422.71
2498	3490.93	1707.39	1048.99	3749.91
2499	3212.42	1740.97	965.09	3764.49
2500	4566.47	1346.34	1380.90	4167.98
2501	4583.31	1349.49	1381.38	4174.93
2502	3540.45	1809.64	1065.55	4520.38
2503	4537.42	1532.90	1373.63	4588.47
2504	4561.86	1542.84	1376.04	4605.00
2505	3792.79	1779.59	1139.45	4446.36
2506	3700.67	1720.89	1110.74	3772.93
2507	3397.83	1749.60	1020.38	3782.64
2554	3538.87	1736.11	1067.84	4424.35
2555	3634.29	1421.47	1091.20	4234.11
2556	3660.20	1431.92	1098.50	4250.45
2557	3777.67	1701.09	1135.75	4333.33
2558	3653.09	1742.17	1098.05	3923.68
2559	3348.61	1782.95	1008.74	3948.02
2560	2443.26	1341.71	739.47	3004.09
2561	2930.86	1382.65	880.87	3447.02

2562	3221.96	1056.33	968.43	3082.84
2563	3251.28	1060.43	985.56	3093.50
2565	3079.44	1346.98	924.80	3380.02
2566	2603.69	1306.49	781.56	2971.69
2567	3369.32	1376.06	1024.26	3108.24
2568	4146.69	1491.58	1250.34	3709.90
2569	4681.96	1208.39	1405.18	3477.63
2570	4708.65	1218.91	1415.00	3488.34
2572	4359.29	1465.93	1309.98	3631.69
2573	3612.57	1340.70	1089.49	3081.49
2575	3220.84	838.48	974.53	2543.68
2576	4691.87	1024.14	1410.05	2961.60
2577	3203.99	835.14	962.16	2536.32
2578	4676.10	1015.33	1403.27	2953.75
<b>296</b>	<b>31435.70</b>	<b>72.81</b>	<b>16330.44</b>	<b>52.26</b>
<b>297</b>	<b>31430.40</b>	<b>72.42</b>	<b>16566.87</b>	<b>52.59</b>
<b>2202</b>	<b>41533.15</b>	<b>12445.98</b>	<b>11768.52</b>	<b>58473.16</b>
<b>2203</b>	<b>32726.64</b>	<b>100.67</b>	<b>26977.80</b>	<b>86.71</b>
<b>2204</b>	<b>32840.57</b>	<b>99.06</b>	<b>27181.58</b>	<b>84.64</b>
<b>2205</b>	<b>51506.85</b>	<b>12406.58</b>	<b>11642.57</b>	<b>48681.18</b>
<b>2206</b>	<b>859.06</b>	<b>19417.88</b>	<b>276.15</b>	<b>29371.47</b>
<b>2208</b>	<b>860.12</b>	<b>19346.30</b>	<b>276.11</b>	<b>29588.85</b>
<b>2364</b>	<b>21675.39</b>	<b>20580.45</b>	<b>10226.57</b>	<b>13729.95</b>
<b>2365</b>	<b>21713.42</b>	<b>14658.44</b>	<b>10086.12</b>	<b>13828.47</b>
<b>2484</b>	<b>5249.05</b>	<b>21607.26</b>	<b>1747.39</b>	<b>57260.10</b>
<b>2485</b>	<b>5273.09</b>	<b>21770.98</b>	<b>1754.63</b>	<b>60499.48</b>
SRPMK	159641.91	78314.07	73418.82	154704.39
DINDING GESER	287103,44	156578,83	134834.75	288708,86

TOTAL	446745.35	234892.9	208253.57	453413.25	<b>OK</b>
% SRPMK	35.74	33,31	35.25	33.17	
% DINDING GESER	65,26	66,69	64,75	67,83	<b>OK</b>



***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **BAB VI**

### **PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER**

#### **6.1 Umum**

Perencanaan struktur primer meliputi perencanaan balok induk melintang dan memanjang menggunakan profil WF serta perencanaan kolom menggunakan profil King Cross komposit beton. Pada perencanaan balok induk dan kolom, menggunakan balok induk dan kolom yang paling kritis, sehingga profil yang digunakan seragam untuk semua balok induk.

#### **6.2 Perencanaan Balok Induk Memanjang**

Balok induk direncanakan menggunakan profil WF 450 x 300 x 11 x 18 dengan data-data sebagai berikut:

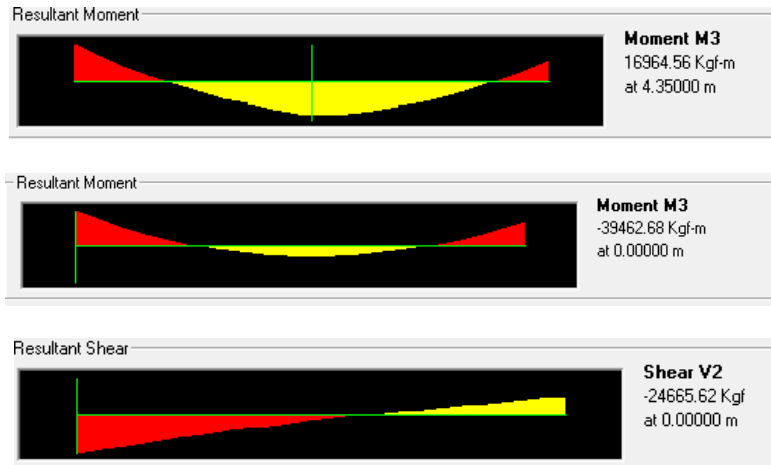
$A = 157.4 \text{ cm}^2$	$I_x = 56100 \text{ cm}^4$	$S_x = 2550 \text{ cm}^3$
$W = 124 \text{ kg/m}$	$I_y = 8110 \text{ cm}^4$	$S_y = 154 \text{ cm}^3$
$B = 300 \text{ mm}$	$i_x = 18.9 \text{ cm}$	$Z_x = 2728 \text{ cm}^3$
$d = 440 \text{ mm}$	$i_y = 7.18 \text{ cm}$	$Z_y = 822 \text{ cm}^3$
$tw = 11 \text{ mm}$	$r = 24 \text{ mm}$	$tf = 18 \text{ mm}$

$h = d - (2tf + r)$	$f_y : 2500 \text{ kg/cm}^2$
$= 440 - (2 \cdot 18 + 24)$	$f_u : 4100 \text{ kg/cm}^2$
$= 380 \text{ mm}$	$f_c' : 25 \text{ Mpa} = 250 \text{ kg/cm}^2$
	$f_r : 700 \text{ kg/cm}^2$
	$f_l : 1800 \text{ kg/cm}^2$
	Tebal pelat beton = 10 cm

**Dari perhitungan SAP 2000 v14 diperoleh gaya - gaya pada balok induk:**

#### **Data-data sebelum komposit**

Bentang (L)	= 8,7 m
Momen max	= +16964,56 kgm (lapangan)
	= - 39462,68 kgm (tumpuan)
V max	= 24665,62 kg



**Gambar 6.1** Bidang momen dan geser balok induk memanjang sebelum komposit pada SAP2000 v14.2.5

### 6.2.1 Pembebanan Sebelum Komposit

#### 1. Beban Mati

Berat pelat bondex

$$= 10,1 \text{ kg/m}^2 \times 3,2 \text{ m}$$

$$= 32,32 \text{ kg/m}$$

Berat sendiri pelat beton

$$= 0,1 \times 2400 \times 3,2$$

$$= 768 \text{ kg/m}$$

Berat sendiri profil WF

$$= 124 \text{ kg/m}$$

$$= 924,32 \text{ kg/m}$$

Berat ikatan (10%)

$$= 92,432 \text{ kg/m}$$

$q_D$

$$= 1016,75 \text{ kg/m}$$

#### 2. Kombinasi beban :

$$q_U = 1,4 q_D$$

$$= 1,4 \times 1016,75$$

$$= 1423,45 \text{ kg}$$

### 6.2.1.1 Kontrol Lendutan

Lendutan ijin  $\frac{L}{360}$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{730}{360} = 2,02 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi

$$\begin{aligned} f^o &= \frac{5}{384} \times \frac{qdxL^4}{ExIx} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{10,17 \times 870^4}{2 \times 10^6 \times 56.100} = 0,676 \end{aligned}$$

Syarat:  $f^o \leq f_{ijin}$

$$0,2498 \text{ cm} \leq 2,02 \text{ cm (OK)}$$

### 6.2.1.2 Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

a. Untuk sayap

$$\left. \begin{aligned} \frac{bf}{2tf} &= \frac{300}{2 \times 18} = 8,333 \\ \lambda_{pf} &= 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75 \end{aligned} \right\} \frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

b. Untuk badan

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{tw} &= \frac{380}{11} = 34,54 \\ \lambda_{pw} &= 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35 \end{aligned} \right\} \frac{bf}{2tf} < \lambda_{pw}$$

(Sumber : SNI 1729 : 2015 Tabel 4.1)

Penampang profil kompak karena rasio kelangsingan sayap dan rasio tinggi badan memenuhi persyaratan, maka  $M_n = M_p$

### 6.2.1.3 Kontrol Lateral Buckling

Jarak penahan lateral  $L_b = 320 \text{ cm}$ , berdasarkan tabel profil, untuk BJ41 profil WF 450 x 300 x 11 x 18 didapatkan:

$$L_p = 357.423 \text{ cm}$$

$$L_r = 1118.741 \text{ cm}$$

Dengan demikian:  $L_b < L_p$  (bentang pendek)

$$M_n = M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$= 2728 \times 2500$$

$$= 6820000 \text{ kg.cm} = 68200 \text{ kg.m}$$

$$\text{Syarat : } \phi M_n \geq M_u \quad (\phi = 0,9)$$

$$0,9 \times 682000 \geq 39462,68 \text{ kgm}$$

$$61380 \geq 39462,68 \text{ (OK)}$$

#### 6.2.1.4 Kontrol Kuat Geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{380}{11} = 34,54$$

$$2,24 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,24 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36; C_v = 1$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times (44 \times 1,1) \times 1,00$$

$$= 72600 \text{ kg}$$

$$\text{Syarat: } \phi V_n \geq V_u$$

$$0,9 \times 72600 \text{ kg} \geq 24665,62 \text{ kg}$$

$$65340 \text{ kg} \geq 24665,62 \text{ kg (OK)}$$

#### 6.2.2 Kondisi Balok Setelah Komposit

Pembebanan setelah komposit

Beban Mati:

$$\text{Berat sendiri profil WF} = 124 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat pelat bondek} = 10,1 \text{ kg/m}^2 \times 3,2 = 32,32 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat sendiri pelat beton} = 0,1 \times 2400 \times 3,2 = 768 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat spesi (2 cm)} = 2 \times 21 \text{ kg/m}^2 \times 3,2 = 134,4 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat keramik} = 1,24 \text{ kg/m}^2 \times 3,2 = 3,968 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat rangka+plafond} = (11+7) \text{ kg/m}^2 \times 3,2 = 57,6 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Berat ducting+plumbing} &= 10 \text{ kg/m}^2 \times 1,1375 = \underline{32 \text{ kg/m}^2} + \\ &= 1152,29 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Beban Hidup:

$$q_L = 250 \text{ kg/m}^2 \times 3,2 \text{ m} = 800 \text{ kg/m}$$

Kombinasi Beban:

$$q_U = 1,2 q_D + 1,6 q_L = 1,2 \times 1152,29 + 1,6 \times 800 = 2662,75 \text{ kg/m}$$

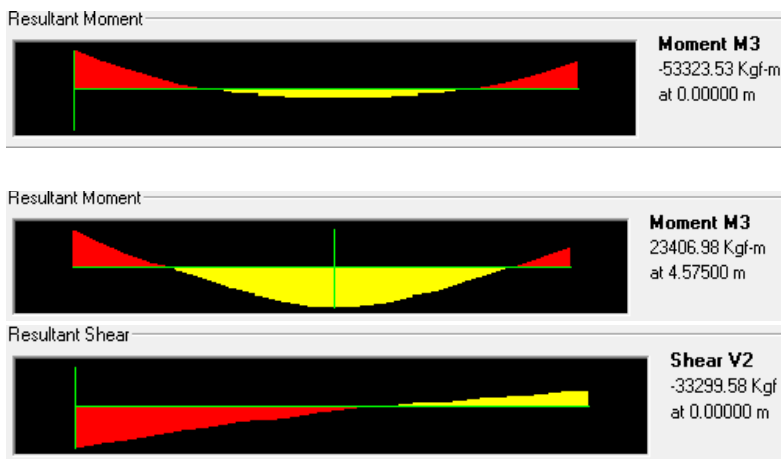
### Data-data setelah komposit

Bentang (L) = 8,7 m

M max = + 23406,98 kgm (lapangan)

= - 53323,53 kgm (tumpuan)

V max = 33299,58 kg



**Gambar 6.2** Bidang momen dan geser balok induk memanjang setelah komposit pada SAP2000

#### 6.2.2.1 Zona Momen Positif

#### Menghitung Momen Nominal

a. Untuk badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{380}{11} = 34,54$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$\lambda \leq \lambda_p$ , Penampang kompak

(Sumber: SNI 1729:2015 Tabel 4.1)

Penampang profil kompak karena rasio kelangsingan sayap dan rasio tinggi badan memenuhi persyaratan, maka  $M_n = M_p$

### **Menentukan Lebar Efektif Pelat Beton**

Lebar Efektif

$$b_{\text{eff}} \leq 1/4 \cdot L = 1/4 \cdot (870) = 217,5 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff}} \leq S = 3,2 \text{ m} = 320 \text{ cm} = 3200 \text{ mm}$$

Jadi  $b_{\text{eff}} = 217,5 \text{ cm}$

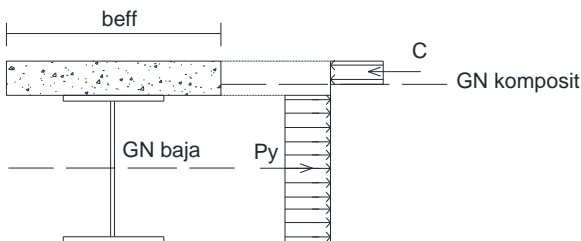
### **Menentukan Gaya Tekan yang Terjadi pada Pelat**

Kriteria penampang

$$\begin{aligned} C &= 0,85 \cdot f_c' \cdot t_{\text{plat}} \cdot b_{\text{eff}} \\ &= 0,85 \times 300 \times 10 \times 214,5 \\ &= 554625 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_y &= A_s \times F_y \\ &= 157,4 \times 2.500 \\ &= 393500 \text{ kg (mentukan)} \end{aligned}$$

$P_y < C$ , maka garis netral plastis terletak di beton



**Gambar 6.3** Gaya yang terjadi pada balok komposit

### **Menentukan Jarak-dari Centroid Gaya yang Bekerja**

$$a = \frac{A_s x f_y}{0,85 x f_c' x b_{\text{eff}}} = \frac{393500}{0,85 \times 300 \times 217,5} = 7,09 \text{ cm}$$

$$d1 = (hr+tb) - a/2 = (5,3+4,7) - (7,09/2) = 6,445 \text{ cm}$$

$$d2 = 0 \text{ (Profil baja tidak mengalami tekan)}$$

$$d3 = d/2 = 44/2 = 22 \text{ cm}$$

$$e = d1 + d2 + d3 = 6,445 + 0 + 22 = 28,445 \text{ cm}$$

### **Menghitung Kekuatan Nominal Penampang Komposit**

$$Mn = Py \times e$$

$$= (393500)(28,445)$$

$$= 11197042,5 \text{ kg.cm}$$

$$= 111970,42 \text{ kg.m}$$

$$\phi Mn = 0,9 \times 111970,42 = 100773,38 \text{ kg.m}$$

Syarat:

$$\phi Mn > Mu = 100773,38 \text{ kg m} > 53323,53 \text{ (OK)}$$

Kekuatan nominal penampang komposit lebih besar daripada momen akibat beban berfaktor, sehingga penampang mampu menahan beban yang terjadi.

### **Menghitung Luasan Transformasi Beton ke Baja**

Kontrol Lendutan

$$Ec = 0,041 \times Wc^{1,5} \times \sqrt{fc'}$$

$$= 0,041 \times (2400)^{1,5} \times \sqrt{30}$$

$$= 26403,5 \text{ Mpa}$$

$$Es = 200.000$$

$$b_{eff} = 217,5 \text{ cm}$$

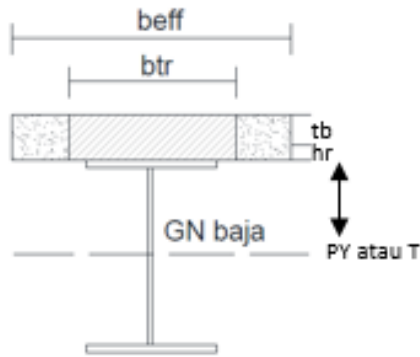
$$n = \frac{Es}{Ec} = \frac{20.000}{26403,5} = 7,57$$

$$b_{tr} = \frac{b_{eff}}{n} = \frac{217,5}{7,57} = 28,71 \text{ cm}$$

$$Atr = b_{tr} \times t_{pelat}$$

$$= 28,71 \times 10 = 287,1 \text{ cm}$$





**Gambar 6.4** Lebar transformasi balok komposit

**Menentukan Letak Garis Netral**

$$Y_{na} = \frac{\left[ A_{tr} \times \frac{t_{plat}}{2} \right] + \left[ A_s \times \left( t_{plat} + hr + \frac{d}{2} \right) \right]}{A_{tr} + A_s}$$

$$Y_{na} = \frac{\left( 287,14 \times \frac{10}{2} \right) + \left( 157,4 \times \left( 3,7 + 5,3 + \frac{44}{2} \right) \right)}{287,14 + 157,4} = 14,56 \text{ cm}$$

**Menentukan Nilai Momen Inersia Penampang Transformasi**

$$I_{tr} = \frac{b_{tr}(t_b)^3}{12} + A_{tr} \left( Y_{na} - \frac{t_b}{2} \right)^2 + I_x + \left( A_s \left( \frac{d}{2} + t_p \right) - Y_{na} \right)^2$$

$$I_{tr} = \frac{28,71(10)^3}{12} + 287,138 \left( 14,56 - \frac{10}{2} \right)^2 + 56100 +$$

$$\left( 157,4 \left( \frac{44}{2} + 10 \right) - 14,56 \right)^2$$

$$= 107401,2 \text{ cm}^4$$

### **Kontrol Lendutan**

$$\text{Lendutan ijin} = \frac{L}{360}$$

$$f_{\text{ijin}} = \frac{L}{360} = \frac{870}{360} = 3,625 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi :

$$f^{\circ} = \frac{5}{384} \times \left( \frac{(q_d + q_l) \times L^4}{E \times I_{tr}} \right)$$

$$f^{\circ} = \frac{5}{384} \times \left( \frac{(26,62) \times 870^4}{2 \times 10^6 \times 107401} \right)$$

$$= 0,925 \text{ cm}$$

$$\text{Syarat : } f^{\circ} \leq f_{\text{ijin}} \rightarrow 0,925 \leq 3,625 \text{ cm (OK)}$$

### **Kontrol Kuat Geser**

$$\frac{h}{t_w} = \frac{380}{11} = 34,5454$$

$$2,24 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,24 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36 ; C_v = 1$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times (44 \times 1,1) \times 1,00$$

$$= 72600 \text{ kg}$$

$$\text{Syarat: } \phi V_n \geq V_u$$

$$0,9 \times 72600 \text{ kg} \geq 33299,58 \text{ kg}$$

$$65340 \text{ kg} \geq 33299,58 \text{ kg (OK)}$$

(sumber : SNI 1729:2015 Pasal G2.1)

### **6.2.2.2 Zona Momen Negatif**

Batang tulangan menambah kekuatan tarik nominal pada pelat beton:

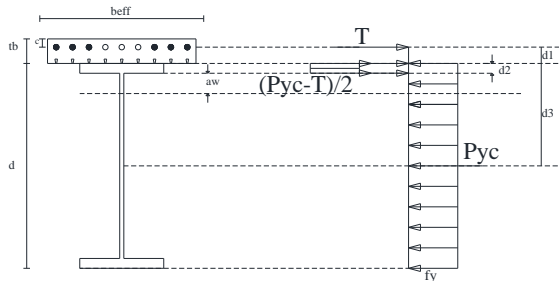
$$T = n \times A_r \times f_{yr}$$

$$= 19 \times (0,25 \times \pi \times 1^2) \times 2900$$

$$= 22765 \text{ kg}$$

Gaya tekan nominal maksimum dalam penampang baja:

$$\begin{aligned} P_{yc} &= A_s \times f_y \\ &= 157.4 \times 2500 \\ &= 393500 \text{ kg} \end{aligned}$$



**Gambar 6.5** Distribusi Tegangan Negatif Balok Induk Memanjang

Karena  $P_{yc} > T$ , maka garis netral terletak pada profil baja, berlaku persamaan:

$$(P_{yc} - T)/2 = (393500 - 82181,65)/2 = 185367,5 \text{ kg}$$

Gaya pada sayap:

$$T_f = b_f \times t_f \times f_y = 30 \times 1.8 \times 2500 = 135000 \text{ kg}$$

Gaya pada badan:

$$T_w = [(P_{yc} - T)/2] - T_f = 185367,5 - 135000 = 50367.5 \text{ kg}$$

Jarak garis netral dari tepi bawah sayap:

$$a_w = \frac{T_w}{f_{yxtw}} = \frac{50367,5}{2500 \times 1,1} = 18,31 \text{ cm}$$

**Menentukan jarak – jarak dari centroid gaya – gaya yang bekerja:**

$$d_2 = \frac{(T_f \times 0,5 \times t_f) + (T_w \times (t_f + 0,5 \times a_w))}{T_f + T_w}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{(135.000 \times 0,5 \times 1,8) + (50367,5 \times (1,8 + 0,5 \times 18,31))}{135.000 + 50367,5} \\
&= 3,6 \text{ cm} \\
d_3 &= \frac{d}{2} = \frac{44}{2} = 22 \text{ cm} \\
d_1 &= t_p - c = 10 - 4,7 = 5,3 \text{ cm} \\
\text{Perhitungan momen negatif:} \\
M_n &= T \cdot (d_1 + d_2) + P_{yc} \cdot (d_3 - d_2) \\
&= 82223,33 (3,6 + 3,6) + 393500 (22 - 3,6) \\
&= 7480910,83 \text{ kg.cm} \\
&= 74809,1 \text{ kg.m} \\
\text{Syarat: } \emptyset M_n &\geq M_u \quad (\emptyset = 0,85) \\
0,85 \times 74809,1 &\geq 53323,53 \text{ kg.m} \\
63588 \text{ kg.m} &\geq 53323,53 \text{ kg.m (OK)}
\end{aligned}$$

### 6.2.3 Perencanaan Penghubung Geser

Untuk penghubung geser yang dipakai adalah tipe stud dengan:

$$D_s = 19 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$f_u = 410 \text{ Mpa} = 41 \text{ kg/mm}^2$$

$$\begin{aligned}
E_c &= 0,041 \times W_c^{1,5} \times \sqrt{f'c} \\
&= 0,041 \times (2400)^{1,5} \times \sqrt{30} \\
&= 26403,5 \text{ Mpa}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Q_n &= 0,5 \times A_{sc} \times \sqrt{f'c \cdot E_c} = 0,5 \times 283,53 \times \sqrt{30 \times 26403,5} \\
&= 12106,7 \text{ kg/stud}
\end{aligned}$$

Syarat:

$$Q_n \leq A_{sc} \cdot f_u$$

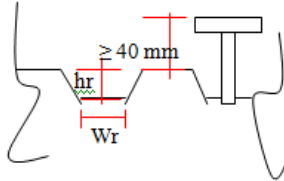
$$12106,7 \text{ kg/stud} \leq 283,52 \times 41 \text{ kg/stud}$$

$$12106,7 \text{ kg/stud} > 11624,73 \text{ kg/stud}$$

Pakai  $Q_n = 11624,73 \text{ kg}$

### 6.2.3.1 Cek Koefisien Reduksi (rs)

Pada balok induk memanjang, pelat bondeks dipasang sejajar terhadap balok sehingga perlu dilakukan cek koefisien reduksi (rs).



**Gambar 6.6** Penampang bondeks

$$H_r = 53 \text{ mm}$$

$$H_s = (h_r + 40) \text{ mm} = 93 \text{ mm}$$

$$W_r = 200 \text{ mm}$$

$N_r = 2$  (dipasang 2 stud pada setiap gelombang)

$$r_s = 0,6 \times \left( \frac{W_r}{h_r} \right) \times \left( \frac{H_s}{h_r} - 1 \right) \leq 1$$

$$r_s = 0,6 \times \left( \frac{200}{53} \right) \times \left( \frac{93}{53} - 1 \right) \leq 1$$

$$r_s = 1,64 \geq 1 \text{ (dipakai } r_s = 1 \text{)}$$

Jumlah stud untuk setengah bentang dimana *shear connector* dipasang 2 buah dalam satu baris

$$N = \frac{p_y}{2Q_n r_s} = \frac{393.500}{2(11624,73)1} = 16,92 = 17 \text{ buah}$$

Jumlah shear connector stud yang dibutuhkan di sepanjang bentang balok =  $2 \times N = 2 \times 17 = 34$  buah

Jarak seragam (S) dengan stud pada masing – masing lokasi:

$$S = \frac{L}{N} = \frac{870}{17} = 51,18$$

Jarak maksimum :  $8 \times \text{plat} = 8 \times 10 = 80 \text{ cm}$

Jarak minimum :  $6 \times d = 6 \times 1,9 = 11,4 \text{ cm}$

Jadi shear connector dipasang sejarak 50 cm sebanyak 17 buah untuk masing-masing bentang.

### 6.3 Perencanaan Balok Induk Melintang

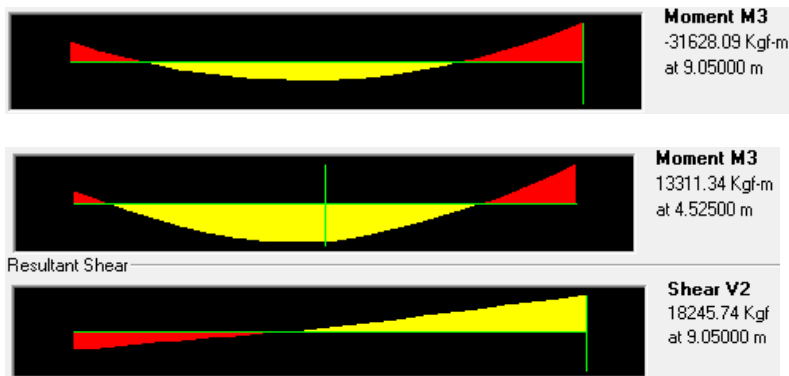
Balok induk direncanakan menggunakan profil WF 450 x 300 x 11 x 18 dengan data-data sebagai berikut:

$A = 157.4 \text{ cm}^2$	$I_x = 56100 \text{ cm}^4$	$S_x = 2550 \text{ cm}^3$
$W = 124 \text{ kg/m}$	$I_y = 8110 \text{ cm}^4$	$S_y = 154 \text{ cm}^3$
$B = 300 \text{ mm}$	$i_x = 18.9 \text{ cm}$	$Z_x = 2728 \text{ cm}^3$
$d = 440 \text{ mm}$	$i_y = 7.18 \text{ cm}$	$Z_y = 822 \text{ cm}^3$
$tw = 11 \text{ mm}$	$r = 24 \text{ mm}$	$tf = 18 \text{ mm}$
$h = d - (2tf + r)$	$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$	
$= 440 - (2 \cdot 18 + 24)$	$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$	
$= 380 \text{ mm}$	$f_c' = 25 \text{ Mpa} = 250 \text{ kg/cm}$	
	$f_r = 700 \text{ kg/cm}^2$	
	$f_l = 1800 \text{ kg/cm}^2$	
	Tebal pelat beton = 10 cm	

Dari perhitungan SAP 2000 diperoleh gaya - gaya pada balok induk :

#### Data-data sebelum komposit

Bentang (L)	= 9,05 m
Momen max	= + 13311,34 kgm (lapangan)
	= - 31628,09 kgm (tumpuan)
V max	= 18245,74 kg



**Gambar 6.7** Bidang momen dan geser balok induk melintang sebelum komposit pada SAP2000 v14.2.5

### 6.3.1 Pembebanan Sebelum Komposit

#### 1. Beban Mati

Berat pelat bondex

$$= 10,1 \text{ kg/m}^2 \times 3,2 \text{ m} = 32,32 \text{ kg/m}$$

Berat sendiri pelat beton

$$= 0,10 \times 2400 \times 3,2 = 768 \text{ kg/m}$$

Berat sendiri profil WF

$$= 124 \text{ kg/m} +$$

$$= 924,32 \text{ kg/m}$$

Berat ikatan (10%)

$$= 10\% \times 711.86 = 92,43 \text{ kg/m} +$$

$$= 1016,75 \text{ kg/m}$$

$q_D$

#### 2. Kombinasi beban

$$q_U = 1,4 q_D$$

$$= 1,4 \times 1016,75$$

$$= 1432,45 \text{ kg}$$

#### 6.3.1.1 Kontrol Lendutan

$$\text{Lendutan ijin} = \frac{L}{360}$$

$$f_{\text{ijin}} = \frac{L}{360} = \frac{905}{360} = 3,77 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi :

$$f^\circ = \frac{5}{384} \times \left( \frac{(q_D) \times L^4}{E \times I_{tr}} \right)$$

$$f^\circ = \frac{5}{384} \times \left( \frac{(3,69) \times 905^4}{2 \times 10^6 \times 56.100} \right)$$

$$= 1,11 \text{ cm}$$

Syarat  $f^\circ \leq f_{\text{ijin}}$

$$1,11 \text{ cm} \leq 3,77 \text{ cm (ok)}$$

### 6.3.1.2 Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

a. Untuk sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2 \times 18} = 8,333$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

b. Untuk badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{380}{11} = 34,54$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf} \text{ dan } \frac{h}{tw} < \lambda_{pw}, \text{ penampang kompak}$$

(Sumber: SNI 1729:2015 Tabel 4.1)

Penampang profil kompak karena rasio kelangsingan sayap dan rasio tinggi badan memenuhi persyaratan, maka  $M_n = M_p$

### 6.3.1.3 Kontrol Lateral Buckling

$$L_b = 905 \text{ cm}$$

$$L_p = 357.423 \text{ cm (dari tabel } L_p \text{ dan } L_r)$$

$$L_r = 1118.741 \text{ cm (dari tabel } L_p \text{ dan } L_r)$$

Dengan demikian:  $L_p < L_b < L_r$  .....**Bentang Menengah**

$$M_y = S_x \cdot f_y = 2550 \times 2500$$

$$= 6375000 \text{ kgcm} = 63750 \text{ kgm}$$

$$M_p = Z_x \cdot f_y = 2728 \times 2500$$

$$= 6820000 \text{ kg.cm} = 68200 \text{ kg.m}$$

$$M_r = S_x \cdot f_l = 2550 \times (2500 - 700)$$

$$= 4590000 \text{ kg.cm} = 45900 \text{ kg.m}$$

$$M_A = M_C = (V_u \times 2,26) - \left(\frac{1}{2} \times q_u \times 2,26^2\right)$$



$$\begin{aligned}
&= (9976,64 \times 2,26) - \left(\frac{1}{2} \times 1432,45 \times 2,26^2\right) \\
&= 18889,02 \text{ kg.m} = 1888902 \text{ kg.cm} \\
M_B &= (V_u \times 4,525) - \left(\frac{1}{2} \times 1432,45 \times 4,525^2\right) \\
&= (9976,64 \times 4,525) - \left(\frac{1}{2} \times 1432,45 \times 4,525^2\right) \\
&= 30479,14 \text{ kg.m} = 3047914 \text{ kg.cm}
\end{aligned}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,30$$

$$\begin{aligned}
C_b &= \frac{12,5(3047914)}{2,5(3047914) + 3(1888902) + 4(3047914) + 3(1888902)} \\
&= 1,85 \leq 2,3 \text{ (OK)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_n &= C_b \left[ M_R + (M_p - M_R) \frac{(L_R - L_B)}{(L_R - L_p)} \right] \leq M_p \\
&= 1,85 \left[ 45900 + (68200 - 45900) \frac{(1118,741 - 905)}{(1118,741 - 357,423)} \right] \\
&= 96497,39 \text{ kg.m}
\end{aligned}$$

$$M_p = 96497,39 \text{ kgm} < M_p = 68200 \text{ kgm}$$

$$\text{Syarat: } \phi M_n \geq M_u \quad (\phi = 0,9)$$

$$0,9 \times 96497,39 \geq 31628,09 \text{ kg.m}$$

$$86847,65 \geq 31628,09 \text{ (OK)}$$

#### 6.3.1.4 Kontrol Kuat Geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{380}{11} = 34,5454$$

$$2,24 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,24 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36 ; C_v = 1$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_s \times C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times (44 \times 1.1) \times 1$$

$$= 72600 \text{ kg}$$

Syarat:

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$0,9 \times 72600 \text{ kg} \geq 18245,74 \text{ kg}$$

$$65340 \text{ kg} \geq 18245,74 \text{ kg (OK)}$$

### 6.3.2 Kondisi Balok Setelah Komposit

Pembebanan setelah komposit

Beban Mati

Berat sendiri profil WF	= 124 kg/m
Berat pelat bondek = $10.1 \text{ kg/m}^2 \times 3,2 \text{ m}$	= 32,32 kg/m <sup>2</sup>
Berat sendiri pelat beton = $0.1 \times 2400 \times 3,2$	= 768 kg/m <sup>2</sup>
Berat spesi (2 cm) = $2 \times 21 \text{ kg/m}^2 \times 3,2$	= 134,4 kg/m <sup>2</sup>
Berat keramik = $1.24 \text{ kg/m}^2 \times 3,2$	= 3,968 kg/m <sup>2</sup>
Berat rangka+plafond = $(11+7) \text{ kg/m}^2 \times 3,2 \text{ m}$	= 57,6 kg/m <sup>2</sup>
Berat ducting+plumbing = $10 \text{ kg/m}^2 \times 3,2 \text{ m}$	= 32 kg/m <sup>2</sup> +
	= 1152,29 kg/m

Beban Hidup:

$$q_L = 250 \text{ kg/m}^2 \times 3,2 \text{ m} = 800 \text{ kg/m}$$

Kombinasi Beban:

$$q_U = 1,2 q_D + 1,6 q_L = 1,2 \times 1152,29 + 1,6 \times 800 = 2662,75 \text{ kg/m}$$

### Data-data setelah komposit

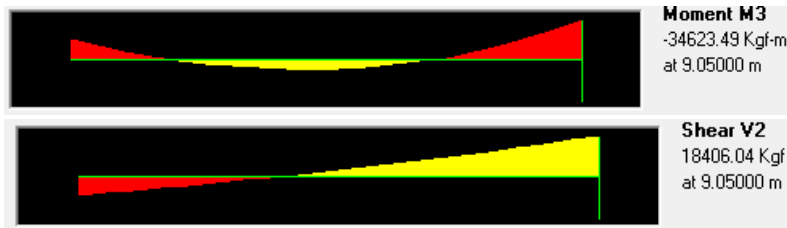
Bentang (L) = 9,05 m

$$M_{\max} = + 13362,88 \text{ kgm (lapangan)}$$

$$= - 34623,49 \text{ kgm (tumpuan)}$$

$$V_{\max} = 18406,04 \text{ kg}$$





**Gambar 6.8** Bidang momen dan geser balok induk melintang setelah komposit pada SAP2000

### 6.3.2.1 Zona Momen Positif

#### Menghitung Momen Nominal

a. Untuk badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{380}{11} = 34,54$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}, \text{ penampang kompak}$$

(Sumber : SNI 1729: 2015 Tabel 4.1)

Penampang profil kompak karena rasio kelangsingan sayap dan rasio tinggi badan memenuhi persyaratan, maka  $M_n = M_p$

#### Menentukan Lebar Efektif Pelat Beton

$$b_{eff} \leq \frac{1}{4}L = \frac{1}{4} \cdot (905) = 226,25 \text{ cm}$$

Jadi  $b_{eff} = 226,25 \text{ cm}$

(Sumber: SNI 1729:2015 I3.1.1a)

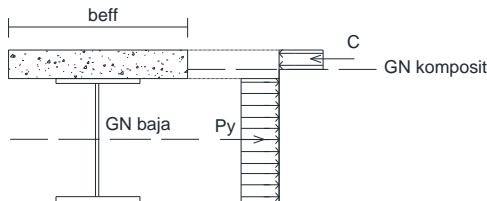
#### Menentukan Gaya Tekan yang Terjadi pada Pelat

Kriteria penampang

$$C = 0,85 \times f_c' \times t_{plat} \times b_{eff}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,85 \times 300 \times 10 \times 214,5 \\
 &= 554625 \text{ kg} \\
 T &= A_s \times F_y \\
 &= 157,4 \times 2.500 \\
 &= 393500 \text{ kg (mentukan)}
 \end{aligned}$$

$P_y < C$ , maka garis netral plastis terletak di beton



**Gambar 6.9** Gaya yang terjadipada balok komposit

#### **Menentukan Jarak-dari Centroid Gaya yang Bekerja**

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s x f_y}{0,85 x f'_c x b_{eff}} = \frac{393500}{0,85 x 300 x 226,25} = 6,82 \\
 d1 &= (h_r + t_b) - a/2 = (5,3 + 4,7) - (7,09/2) = 6,445 \text{ cm} \\
 d2 &= 0 \text{ (Profil baja tidak mengalami tekan)} \\
 d3 &= d/2 = 44/2 = 22 \text{ cm} \\
 e &= d1 + d2 + d3 = 6,445 + 0 + 22 = 28,445 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

#### **Menghitung Kekuatan Nominal Penampang Komposit**

$$\begin{aligned}
 M_n &= P_y \times e \\
 &= (393500)(28,445) \\
 &= 11197042,5 \text{ kg.cm} \\
 &= 111970,42 \text{ kg.m} \\
 \phi M_n &= 0,9 \times 111970,42 = 100773,38 \text{ kg.m} \\
 \text{Syarat :} \\
 \phi M_n &> M_u = 100773,38 \text{ kg.m} > 34623,49 \text{ kg.m (OK)}
 \end{aligned}$$

Kekuatan nominal penampang komposit lebih besar daripada momen akibat beban berfaktor, sehingga penampang mampu menahan beban yang terjadi.

### **Menghitung Luasan Transformasi Beton ke Baja**

Kontrol Lendutan

$$\begin{aligned} E_c &= 0,041 \times W_c^{1,5} \sqrt{f_{c'}} \\ &= 0,041 \times (2400)^{1,5} \sqrt{f_{c'}} \\ &= 26403,5 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

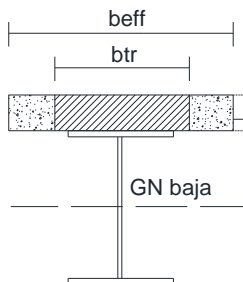
$$E_s = 200.000 \text{ Mpa}$$

$$b_{\text{eff}} = 226,25 \text{ cm}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{26403,5} = 7,57$$

$$b_{\text{tr}} = \frac{b_{\text{eff}}}{n} = \frac{226,25}{7,57} = 29,87 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{tr}} &= B_{\text{tr}} \times t_{\text{pelat}} \\ &= 29,87 \times 10 \\ &= 298,7 \text{ cm} \end{aligned}$$



**Gambar 6.10** Lebar transformasi balok komposit

### **Menentukan Letak Garis Netral**

$$Y_{\text{na}} = \frac{\left[ A_{\text{tr}} \times \frac{t_{\text{plat}}}{2} \right] + \left[ A_s \times \left( t_{\text{plat}} + h_r + \frac{d}{2} \right) \right]}{A_{\text{tr}} + A_s}$$

$$Y_{na} = \frac{\left(298,7 \times \frac{10}{2}\right) + (157,4 \times (3,7 + 5,3 + \frac{44}{2}))}{298,7 + 157,4} = 14,32 \text{ cm}$$

### **Menentukan Nilai Momen Inersia Penampang Transformasi**

$$I_{tr} = \left[ \left( \frac{1}{12} \times b_{tr} \times t_{plat}^3 \right) + A_{tr} \times \left( Y_{na} - \frac{t_{plat}}{2} \right)^2 \right] \\ + \left[ I_x + A_s \times \left( t_{plat} + h_r + \frac{d}{2} \right) - Y_{na} \right]^2 \\ I_{tr} = \frac{29,87 \cdot 10^3}{12} + 298,7 \cdot \left( 14,32 - \frac{10}{2} \right)^2 + 56100 + 157,4 \cdot \left( \left( \frac{44}{2} + 10 \right) - 14,32 \right)^2 \\ = 107187,92 \text{ cm}^4$$

### **Kontrol Lendutan**

$$\text{Lendutan ijin} = \frac{L}{360}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{905}{360} = 2,2,514 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi :

$$f^{\circ} = \frac{5}{384} \times \left( \frac{(q_d + q_l) \times L^4}{E \times I_{tr}} \right) \\ f^{\circ} = \frac{5}{384} \times \left( \frac{(26,63) \times 905^4}{2 \times 10^6 \times 56100} \right) \\ = 1,805 \text{ cm}$$

$$\text{Syarat : } f^{\circ} \leq f_{ijin} \rightarrow 1,805 \leq 2,08333 \text{ cm}$$

### **Kontrol Kuat Geser**

$$\frac{h}{t_w} = \frac{380}{11} = 34,5454$$

$$2,24 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,24 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36$$

; maka  $C_v = 1$

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\
 &= 0,6 \times 2500 \times (44 \times 1.1) \times 1 \\
 &= 72600 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$0,9 \times 72600 \text{ kg} \geq 18245,74 \text{ kg}$$

$$65340 \text{ kg} \geq 18245,74 \text{ kg (OK)}$$

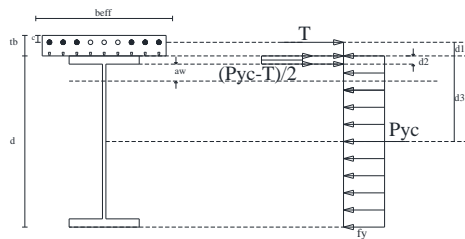
### 6.3.2.2 Zona Momen Negatif

Batang tulangan menambah kekuatan tarik nominal pada pelat beton:

$$\begin{aligned}
 T &= n \times A_r \times f_{yr} \\
 &= 19 \times (0,25 \times \pi \times 1^2) \times 2900 \\
 &= 22765 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan nominal maksimum dalam penampang baja:

$$\begin{aligned}
 P_{yc} &= A_s \times f_y \\
 &= 157.4 \times 2500 \\
 &= 393500 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



**Gambar 6.11** Distribusi Tegangan Negatif Balok Induk Melintang

$$(P_{yc} - T)/2 = (393500 - 22765)/2 = 185367,5 \text{ kg}$$

Gaya pada sayap:

$$T_f = b_f \times t_f \times f_y = 30 \times 1.8 \times 2500 = 135000 \text{ kg}$$

Gaya pada badan:

$$T_w = [(P_{yc} - T)/2] - T_f = 185367,5 - 135000 = 50367,5 \text{ kg}$$

Jarak garis netral dari tepi bawah sayap:

$$a_w = \frac{T_w}{f_{yxtw}} = \frac{50367,5}{2500 \times 1,1} = 18,31 \text{ cm}$$

**Menentukan jarak – jarak dari centroid gaya – gaya yang bekerja**

$$\begin{aligned} d_2 &= \frac{(T_f \times 0,5 \times t_f) + (T_w \times (t_f + 0,5 \times a_w))}{T_f + T_w} \\ &= \frac{(135.000 \times 0,5 \times 1,8) + (50367,5 \times (1,8 + 0,5 \times 18,31))}{135.000 + 50367,5} \\ &= 3,6 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$d_3 = \frac{d}{2} = \frac{44}{2} = 22 \text{ cm}$$

$$d_1 = t_p - c = 10 - 4,7 = 5,3 \text{ cm}$$

Perhitungan momen negatif:

$$\begin{aligned} M_n &= T \cdot (d_1 + d_2) + P_{yc} \cdot (d_3 - d_2) \\ &= 82223,33 (3,6 + 3,6) + 393500 (22 - 3,6) \\ &= 7480910,83 \text{ kg.cm} \\ &= 74809,1 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\text{Syarat: } \Phi M_n \geq M_u \quad (\Phi = 0,85)$$

$$74807 \geq 34623,49 \text{ (OK)}$$

**6.3.3 Perencanaan Penghubung Geser**

Untuk penghubung geser yang dipakai adalah tipe stud dengan:

$$d_s = 19 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$f_u = 410 \text{ Mpa} = 41 \text{ kg/mm}^2$$

$$\begin{aligned} E_c &= 0,041 \times W_c^{1,5} \times \sqrt{f_{c'}} \\ &= 0,041 \times (2400)^{1,5} \times \sqrt{30} \\ &= 26403,5 \text{ Mpa} \end{aligned}$$



$$Q_n = 0.5 \times A_{sc} \times \sqrt{f'c \cdot E_c} = 0.5 \times 283.53 \times \sqrt{30 \times 26403.5} \\ = 12106.7 \text{ kg/stud}$$

Syarat:  $Q_n \leq A_{sc} \times f_u$

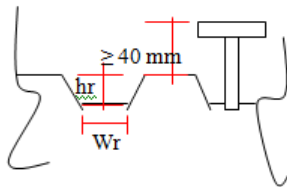
$$12617.12 \leq 283.53 \times 41$$

$$12617.12 \text{ kg/stud} > 11624.73 \text{ kg/stud}$$

Pakai  $Q_n = 11624.73 \text{ kg/stud}$

### 6.3.3.1 Cek Koefisien Reduksi (rs)

Pada balok induk memanjang, pelat bondeks dipasang tegak lurus terhadap balok sehingga perlu dilakukan cek koefisien reduksi (rs).



**Gambar 6.12** Penampang bondeks

$$hr = 53 \text{ mm}$$

$$H_s = (hr + 40) \text{ mm} = 93 \text{ mm}$$

$$W_r = 200 \text{ mm}$$

$$N_r = 2 \text{ (dipasang 2 stud pada setiap gelombang)}$$

$$rs = 0.6 \times \left( \frac{W_r}{hr} \right) \times \left( \frac{H_s}{hr} - 1 \right) \leq 1$$

$$rs = 0.6 \times \left( \frac{200}{53} \right) \times \left( \frac{93}{53} - 1 \right) \leq 1$$

$$rs = 1.64 \geq 1 \text{ (dipakai } rs = 1)$$

Jumlah stud untuk setengah bentang dimana *shear connector* dipasang 2 buah dalam satu baris:

$$N = \frac{p_y}{2Q_n \cdot rs} = \frac{393.500}{2(11624.73)1} = 16.92 = 17 \text{ buah}$$

Jumlah shear connector stud yang dibutuhkan di sepanjang bentang balok =  $2 \times N = 2 \times 17 = 34$  buah

Jarak seragam (S) dengan stud pada masing – masing lokasi:

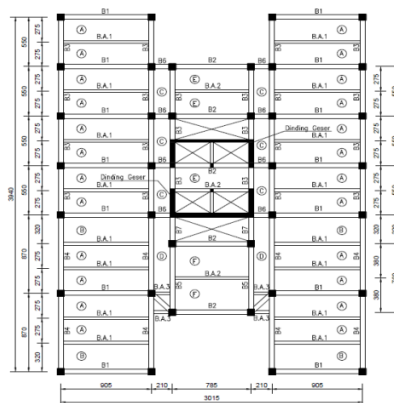
$$S = \frac{L}{N} = \frac{905}{17} = 53,23$$

$$\text{Jarak maksimum} = 8 \times t_{\text{plat}} = 8 \times 9 = 72 \text{ cm}$$
$$\text{Jarak minimum} = 6 \times d = 6 \times 1.9 = 11.4 \text{ cm}$$

Jadi shear connector dipasang sejarak 50 cm sebanyak 17 buah untuk masing-masing bentang

## 6.4 Perencanaan Dinding Geser

Dinding geser (*Shearwall*) dalam struktur gedung berfungsi untuk menahan gaya geser dan momen momen yang terjadi akibat gaya lateral. Dinding geser bekerja sebagai sebuah balok kantilever vertikal dan dalam menyediakan tahanan lateral, dinding geser menerima tekuk maupun geser. Untuk dinding seperti itu, geser maksimum  $V_u$  dan momen maksimum  $M_u$  terjadi pada dasar dinding. Jika tegangan lentur diperhitungkan, besar tegangan lentur tersebut akan dipengaruhi oleh beban aksial  $N_u$  (kombinasi aksial lentur). Dalam struktur bangunan ini dipakai model section dinding geser dengan tebal 40 cm. Sebagai contoh perhitungan, akan direncanakan dinding geser berdasarkan hasil analisa SAP 2000 v14 yang mempunyai gaya paling maksimum.



**Gambar 6.13** Denah penempatan shearwall

Data perencanaan adalah sebagai berikut:

Mutu beton ( $f'c$ )	= 30 MPa
Mutu baja ( $f_y$ )	= 390 MPa
Tebal dinding geser	= 40 cm
Bentang shearwall	= 3,5 m (Arah Y)
	= 3,5 m (Arah X)
Tinggi shearwall	= 80,75 m (keseluruhan)
Tebal selimut beton	= 40 mm

#### 6.4.1 Gaya Geser Rencana Dinding Geser

Dinding geser harus mempunyai tulangan geser horisontal dan vertikal. Sebagai contoh perhitungan, akan direncanakan dinding geser pada lantai dasar. Dari hasil analisa struktur dengan menggunakan program SAP 2000 v14 didapatkan kombinasi envelope beban maksimum sebagai berikut:

**Tabel 6. 1** Output gaya dalam dinding geser (SAP2000 v14)

Kombinasi	Arah X			Arah Y		
	Aksial (kN)	Geser (kN)	Momen (kNm)	Aksial (kN)	Geser (kN)	Momen (kNm)
Envelope	16280,7	640,618	12812,48	15688,3	725,791	1842,08

#### 6.4.2 Kuat Aksial Rencana

Kuat aksial rencana dihitung berdasarkan (SNI 2847:2013 pasal 14.5.2)

$$\phi P_{nw} = 0,55 \cdot \phi \cdot f'c \cdot A_g \left[ 1 - \left( \frac{k \cdot l_c}{32h} \right)^2 \right]$$

Dimana:

$l_w$  = panjang kolom

$h$  = tebal dinding geser

$k$  = factor panjang efektif, dimana  $k = 0,8$

Untuk arah X

$$P_u = 16280,7 \text{ kN}$$

$$A_g = 3500 \times 400 = 14 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi P_{nw} &= 0,55 \times 0,75 \times 30 \times 14 \cdot 10^5 \left[ 1 - \left( \frac{0,8 \times 3325}{(32 \times 400)^2} \right) \right] \\ &= 16576801,94 \text{ N} \\ &= 16576,8 \text{ kN} > P_u = 16280,7 \text{ kN (OK)} \end{aligned}$$

Untuk arah Y

$$P_u = 15688,3 \text{ kN}$$

$$A_g = 3500 \times 400 = 14 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi P_{nw} &= 0,55 \times 0,75 \times 30 \times 14 \cdot 10^5 \left[ 1 - \left( \frac{0,8 \times 3325}{(32 \times 400)^2} \right) \right] \\ &= 16576801,94 \text{ N} \\ &= 16576,8 \text{ kN} > P_u = 15688,3 \text{ kN (OK)} \end{aligned}$$

#### **6.4.3 Pemeriksaan Tebal Dinding Geser**

Tebal dinding dianggap cukup bila dihitung memenuhi (SNI 2847:2013, pasal 11.9.3)

$$\phi V_n = \phi \cdot 0,83 \sqrt{f'_c} \cdot h \cdot d \geq V_u$$

Dimana:

$h$  = tebal dinding geser

$$d = 0,8 \text{ lw}$$

Untuk arah X

$$V_u = 640,618 \text{ kN}$$

$$d = 0,8 \times 3500$$

$$= 2800 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,75 \times 0,83 \times \sqrt{30} \times 400 \times 2800 \\ &= 3273190,004 \text{ N} \\ &= 3273,19 \text{ kN} > V_u = 640,618 \text{ kN (OK)} \end{aligned}$$

Untuk arah Y

$$V_u = 725,791 \text{ kN}$$

$$d = 0,8 \times 3500 \\ = 2800 \text{ mm}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 0,83 \times \sqrt{30} \times 400 \times 2800 \\ = 3273190,004 \text{ N} \\ = 3273,19 \text{ kN} > V_u = 725,791 \text{ kN (OK)}$$

#### 6.4.4 Kuat Geser

Perhitungan kuat geser yang disumbangkan oleh beton dihitung berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 11.9.6.

$$V_c = 0,27 \lambda \sqrt{f'_c} \cdot h \cdot d + \frac{N_u x d}{4 x l_w}$$

Untuk arah X

$$N_u = P_u = 16280,7 \text{ kN}$$

$$l_w = 3500 \text{ mm}$$

$$d = 0,8 \times 3500 \\ = 2800 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,27 \times 1 \times \sqrt{30} \times 400 \times 2800 + \frac{16280,7 \times 2800}{4 \times 3500} \\ = 1659569,154 \text{ N} \\ = 1659,57 \text{ kN}$$

$$V_u < 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$

$$640,618 \text{ kN} < 0,5 \times 0,75 \times 1659,57 \text{ kN}$$

$$725,79 \text{ kN} > 622,33 \text{ kN}$$

Karena  $V_u > 0,5 \phi V_c$ , maka diperlukan tulangan geser horizontal  $\phi V_n > V_u$

Dimana:

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

$A_v$  = luas tulangan horizontal  
 $s$  = jarak tulangan horizontal

Untuk arah Y

$$N_u = P_u = 15688,3 \text{ kN}$$

$$l_w = 3500 \text{ mm}$$

$$d = 0,8 \times 3500 \\ = 2800 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,27 \times 1 \times \sqrt{30} \times 400 \times 2800 + \frac{15688,3 \times 2800}{4 \times 3500} \\ = 1659450,674 \text{ N} \\ = 1659,45 \text{ kN}$$

$$V_u < 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$

$$725,79 \text{ kN} < 0,5 \times 0,75 \times 1659,45 \text{ kN}$$

$$725,79 \text{ kN} > 622,29 \text{ kN}$$

Karena  $V_u < 0,5\phi V_c$ , maka diperlukan tulangan geser horizontal  $\phi V_n > V_u$ .

Dimana:

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

$A_v$  = luas tulangan horizontal

$s$  = jarak tulangan horizontal

#### 6.4.5 Penulangan Geser Dinding Geser

Sedikitnya harus dipakai dua lapis tulangan bila gaya geser di dalam bidang dinding diantara 2 komponen batas melebihi  $0,17 \times A_{cv} \times \sqrt{f'_c} \times \lambda$ , dimana  $A_{cv}$  adalah luas netto yang dibatasi oleh tebal dan panjang penampang dinding (SNI 2847:2013 pasal 21.9.2.2)

Untuk arah X

$$V_u = 640,618 < 0,17 \times (3500 \times 400) \times \sqrt{30} \\ = 640,618 \text{ kN} < 1303579,69 \text{ N}$$

$$= 640,618 \text{ kN} < 1303,58 \text{ kN}$$

Maka tidak diperlukan dua lapis tulangan

Untuk arah Y

$$\begin{aligned} V_u &= 725,79 \text{ kN} > 0,17 \times (3500 \times 400) \times \sqrt{30} \\ &= 725,79 \text{ kN} < 1303579,69 \text{ N} \\ &= 725,79 \text{ kN} < 1303,58 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka tidak diperlukan dua lapis tulangan

#### **6.4.6 Penulangan Geser Horizontal**

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.9.9 rasio tulangan geser horizontal terhadap luas beton bruto penampang vertikal tidak boleh kurang dari 0,0025.

Untuk arah X

Spasi tulangan geser horizontal tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

- a)  $lw/5 = 3500/5 = 700 \text{ mm}$
- b)  $3h = 3 \times 400 = 1200 \text{ mm}$
- c)  $450 \text{ mm}$ .

Maka, dipakai jarak tulangan  $s = 250 \text{ mm}$ .

Dipakai tulangan horizontal 2D13 ( $A_s = 265,33 \text{ mm}^2$ )

$$\rho_t = \frac{A_s}{hxs} = \frac{265,33}{400 \times 250} = 0,00265 > 0,0025 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \\ &= \frac{132,67 \times 390 \times 2400}{250} \\ &= 993395,5 \text{ N} = 993,39 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= V_c + V_s \\ &= 1422,39 + 993,39 \\ &= 1919,08 \text{ kN} > V_u = 640,618 \text{ Kn (OK)} \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan geser horizontal 2D13 – 250 mm.

Untuk arah Y

Spasi tulangan geser horizontal tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

$$a) \quad l_w/5 = 3500/5 = 700 \text{ mm}$$

$$b) \quad 3h = 3 \times 400 = 1200 \text{ mm}$$

$$c) \quad 450 \text{ mm.}$$

Maka, dipakai jarak tulangan  $s = 250 \text{ mm}$ .

Dipakai tulangan horizontal 2D13 ( $A_s = 265,33 \text{ mm}^2$ )

$$\rho_t = \frac{A_s}{h \times s} = \frac{265,33}{400 \times 250} = 0,00265 > 0,0025 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \\ &= \frac{132,67 \times 390 \times 2400}{250} \\ &= 993395,5 \text{ N} = 993,39 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= V_c + V_s \\ &= 1422,39 + 993,39 \end{aligned}$$

$$= 1919,08 \text{ kN} > V_u = 725,791 \text{ Kn (OK)}$$

Maka, digunakan tulangan geser horizontal 2D13 - 250mm.

**6.4.7 Batas Kuat Geser Tiap Dinding Struktural**

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.9.9.4 rasio luas tulangan geser vertikal terhadap luas beton bruto penampang horizontal tidak boleh kurang dari yang lebih besar dari:

$$\rho_1 = 0,0025 + 0,5 \left( 2,5 - \frac{h_w}{l_w} \right) (\rho_t - 0,0025) < \rho_t$$

Untuk arah X

$$\rho_1 = 0,0025 + 0,5 \left( 2,5 - \frac{3325}{3500} \right) (0,00265 - 0,0025)$$

$$\rho_1 = 0,0025 + 0,5 \left( 2,5 - \frac{3325}{3500} \right) (0,00265 - 0,0025)$$

$$\rho_1 = 0.00261$$



Maka,  $\rho_{\min} = 0,00261$

Spasi tulangan geser vertikal tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

- a)  $l_w/3 = 3500/3 = 1167 \text{ mm}$
- b)  $3h = 3 \times 400 = 1200 \text{ mm}$
- c)  $450 \text{ mm}$ .

Maka, dipakai jarak tulangan  $s = 250 \text{ mm}$ .

Dipakai tulangan vertikal 2D13 ( $A_s = 265,33 \text{ mm}^2$ )

$$\rho_t = \frac{A_s}{h \times s} = \frac{265,33}{400 \times 250} = 0,00265 > 0,00261 \text{ (OK)}$$

Maka, digunakan tulangan geser vertikal 2D13 - 250mm.

Untuk arah Y

$$\rho_l = 0,0025 + 0,5 \left( 2,5 - \frac{3325}{3500} \right) (0,0025 - 0,0025)$$

$$\rho_l = 0,0025 + 0,5 \left( 2,5 - \frac{3325}{3500} \right) (0,0025 - 0,0025)$$

$$\rho_l = 0,00261$$

Maka,  $\rho_{\min} = 0,00261$

Spasi tulangan geser vertikal tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

- d)  $l_w/3 = 3500/3 = 1167 \text{ mm}$
- e)  $3h = 3 \times 400 = 1200 \text{ mm}$
- f)  $450 \text{ mm}$ .

Maka, dipakai jarak tulangan  $s = 250 \text{ mm}$ .

Dipakai tulangan vertikal 2D13 ( $A_s = 265,33 \text{ mm}^2$ )

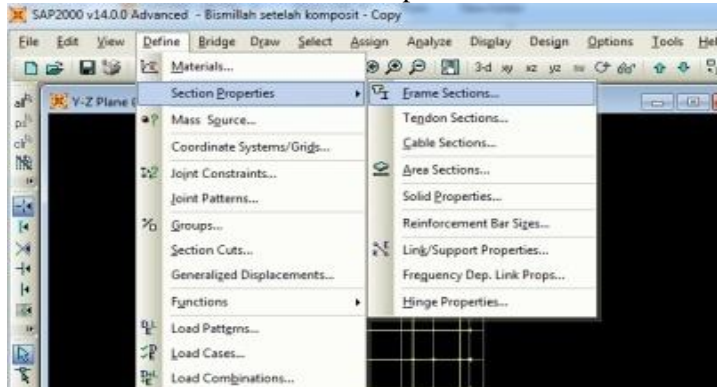
$$\rho_t = \frac{A_s}{h \times s} = \frac{265,33}{400 \times 250} = 0,00265 > 0,00261 \text{ (OK)}$$

Maka, digunakan tulangan geser vertikal 2D13 - 250mm.

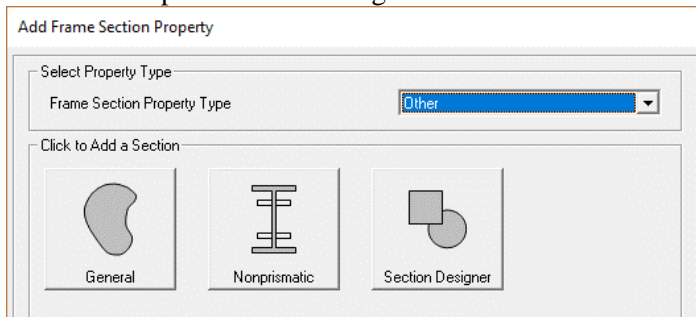
## 6.5 Perencanaan Kolom Komposit

Untuk memodelkan kolom komposit pada SAP 2000 v14, dilakukan step-step sebagai berikut:

1. Klik menu Define – Section Properties – Frame Section



2. Pada dropdown Frame Section Property Type, pilih Other. Lalu pilih Section Designer



3. Lalu akan muncul kotak dialog SD Section Data. Pada dialog tersebut, klik Section Designer pada option Define/Edit/Show Section

**SD Section Data**

**Section Name** KC1 (500x200x10x16)  
 Section Notes [Modify/Show Notes...](#)

**Base Material** + baja BJ 250

**Design Type**  
☒ No Check/Design  
☐ General Steel Section  
☐ Concrete Column

**Concrete Column Check/Design**  
☒ Reinforcement to be Checked  
☐ Reinforcement to be Designed

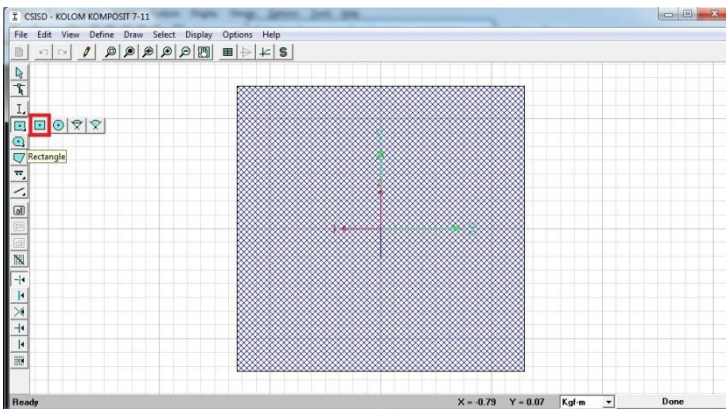
**Define/Edit/Show Section**  
[Section Designer...](#)

**Section Properties** [Properties...](#) **Property Modifiers** [Set Modifiers...](#)

**Display Color** ■

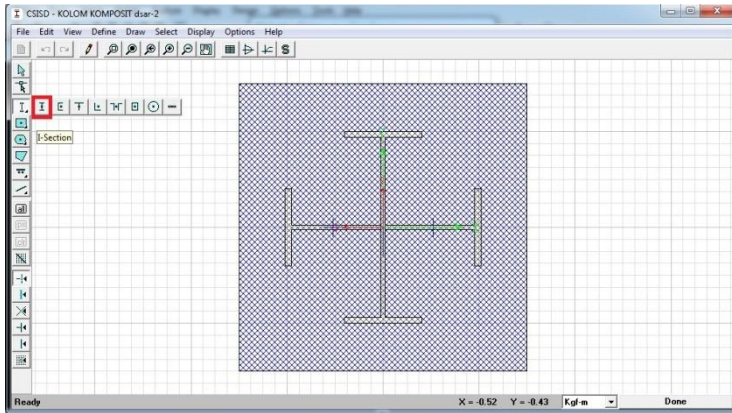
[OK](#) [Cancel](#)

4. Lalu klik rectangle dan dimensi kolom dapat dibuat sesuai perencanaan. Dalam perencanaan ini, dimensi kolom komposit 850x850 cm



5. Setelah itu klik I section dan isi data-data penampang profil I tersebut sesuai perencanaan. Untuk profil kingcross,

dimodelkan ada dua buah profil I, dimana salah satu profil I nya di rotate 90°



Dari hasil perhitungan dengan bantuan SAP 2000 v14 diperoleh gaya – gaya dalam maksimum:

$$P_u = 1548060.24 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 17391.1 \text{ kg.m}$$

$$M_{uy} = 12640.44 \text{ kg.m}$$

Kolom komposit direncanakan menggunakan profil K588x200x12x20 dengan data-data sebagai berikut :

$$H = 588 \text{ mm} \quad I_x = 127020 \text{ cm}^4$$

$$B = 300 \text{ mm} \quad I_y = 132585 \text{ cm}^4$$

$$t_w = 12 \text{ mm} \quad i_x = 18,16 \text{ cm}$$

$$t_f = 20 \text{ mm} \quad i_y = 18,16 \text{ cm}$$

$$r = 20 \text{ mm} \quad S_x = 4320 \text{ cm}^3$$

$$A_s = 385 \text{ cm}^2 \quad S_y = 4419,5 \text{ cm}^3$$

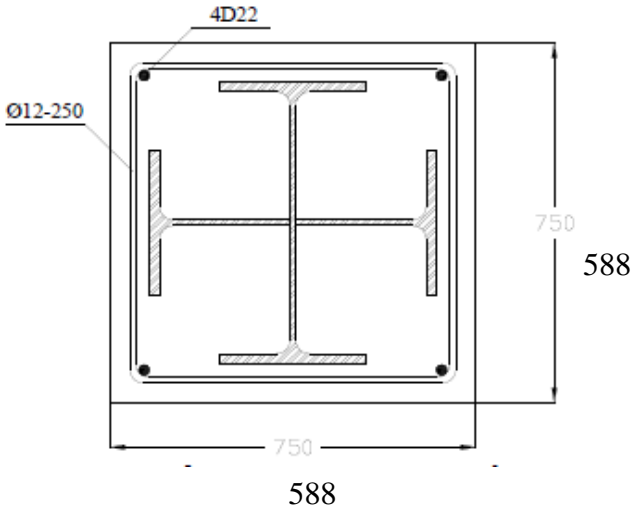
$$W = 302 \text{ kg/m}$$

Bahan :

$$\text{BJ 41: } f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Beton: } f_c' = 30 \text{ Mpa} = 300 \text{ kg/cm}^2$$



**Gambar 6.14** Penampang Kolom Komposit

$$\begin{aligned}
 Z_x &= \left( \left( \frac{1}{2} \cdot d \cdot tw \cdot \frac{1}{2} \cdot d \right) + (b - tw)(tf)(d - tf) + \left( \left( \frac{1}{2} \cdot b \cdot tf \cdot \frac{1}{2} \cdot b \right) \cdot \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. 2 + (d - 2tf) \left( \frac{1}{2} tw \right) \left( \frac{1}{2} tw \right) \right) \right. \\
 &\quad \left( \left( \frac{1}{2} \cdot 58,8 \cdot 1 \cdot \frac{1}{2} \cdot 58,8 \right) + (30 - 1,2)(1,6)(58,8 - 2) \right) + \left( \left( \frac{1}{2} \cdot \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. 30 \cdot 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 30 \right) \cdot 2 + (58,8 - 2 \cdot 2) \left( \frac{1}{2} \cdot 1,2 \right) \left( \frac{1}{2} \cdot 1,2 \right) \right) \\
 &= 5228,64 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_y &= \left( \left( \frac{1}{2} \cdot tf \cdot b \cdot \frac{1}{2} \cdot b \right) \cdot 2 + (d - 2tf) \cdot \frac{1}{2} tw \cdot \frac{1}{2} tw + \left( \frac{1}{2} (d + tw) \cdot tw \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. \cdot \frac{1}{2} (d + tw) + (b - tw) \cdot 2(d + tw - tf) \right) \right. \\
 &= \left( \left( \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 30 \cdot \frac{1}{2} \cdot 30 \right) \cdot 2 + (58,8 - 2 \cdot 2) \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,2 \right) + \\
 &\quad \left( \frac{1}{2} (58,8 + 1,2) \cdot 1 \cdot \frac{1}{2} (58,8 + 1,2) + (30 - 1,2) \cdot 2(58,8 + 1,2 - 2) \right) \\
 &= 5340,53 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Selubung beton :  $850 \times 850 \text{ mm}^2$

$A_c = 850 \times 850 = 722500 \text{ mm}^2$

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$

Berat jenis beton :  $w = 2400 \text{ kg/m}^3$

Tulangan sengkang terpasang :  $\emptyset 12 - 250$

Tulangan utama : 4 D 22

$A_r = 4 \times (\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2) = 1519,76 \text{ mm}^2$

Spasi =  $850 - 2 \times 40 - 2 \times 12 - 22 = 724 \text{ mm}$

### 6.5.1 Batasan-batasan Perhitungan Kolom Komposit

1. Cek luas penampang minimum profil baja :

$$\frac{A_s}{A_c} = \frac{385}{722} = 0.053 = 5,32 \% > 4\% \quad (\text{OK})$$

2. Cek Jarak sengkang:

$$= 250 \text{ mm} < 2/3 \times 850 = 567 \text{ mm} (\text{OK})$$

3. Cek luas tulangan longitudinal :

$$A_{st} > 0.18 \times \text{spasi tulangan}$$

$$\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 > 0.18 \times 724$$

$$379,94 \text{ mm}^2 > 130,32 \text{ mm}^2 (\text{OK})$$

4. Cek mutu beton yang digunakan ( $f_c' = 30 \text{ MPa}$ )

$$21 \text{ MPa} \leq f_c' \leq 55 \text{ MPa}$$

$$21 \text{ MPa} \leq 30 \text{ MPa} \leq 55 \text{ MPa} (\text{OK})$$

5. Cek mutu baja tulangan ( $f_{yr} = 250 \text{ MPa}$ )

$$f_{yr} < 380 \text{ MPa}$$

$$250 \text{ MPa} < 380 \text{ MPa} \quad (\text{OK})$$

### 6.5.2 Modifikasi Tegangan Leleh untuk Kolom Komposit

Luas total tulangan utama:

$$A_{ut} = A_r = 1520.53 \text{ mm}^2$$

Luas bersih penampang beton:

$$\begin{aligned} A_{cn} &= A_c - A_s - A_{ut} \\ &= 722500 - 32500 - 1520,53 \\ &= 682480,24 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Untuk profil baja berselubung beton:

$$c_1 = 0.7$$

$$c_2 = 0.6$$

$$c_3 = 0.2$$

$$\begin{aligned} f_{my} &= f_y + C_1 x f_{yr} x \frac{A_{ut}}{A_s} + c_2 x f_c' x \frac{A_{cn}}{A_s} \\ f_{my} &= 250 + 0,7 x 250 x \frac{1520,53}{A_s} + 0,6 x 25 x \frac{682480,24}{32500} \\ &= 575,98 \text{ MPa} \end{aligned}$$

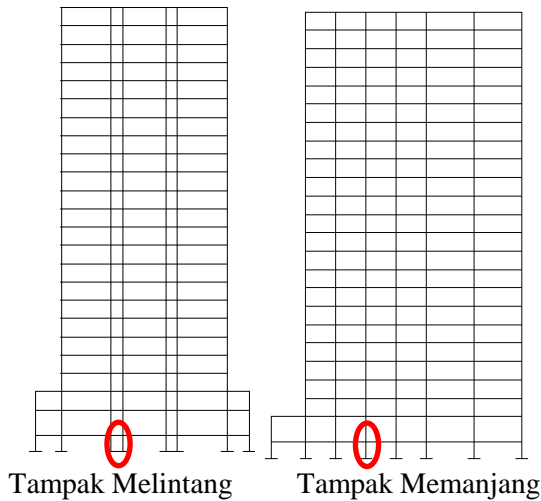
$$\begin{aligned} E_c &= 0,041 x W_c^{1.5} \sqrt{f_c'} = 0,041 (2400)^{1.5} x \sqrt{30} \\ &= 26403,5 \text{ Mpa} \\ &= 26403,5 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$E_s = 2 x 10^5 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} E_m &= E + c_3 x E_c x \left( \frac{A_{cn}}{A_s} \right) \\ &= (2 x 10^5) + 0,2 (26403,5) \left( \frac{682480,24}{32500} \right) \\ &= 293609,66 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Jari – jari girasi modifikasi ( $r_m$ ):

$$r_m = 0.3 x b = 0.3 x 850 = 255 \text{ mm} > i_y \text{ (dipakai } r_m)$$



**Gambar 6.15** Portal bangunan

KOLOM : K588x300x12x20

$$I_x = 127020 \text{ cm}^4 \quad i_x = 18,16 \text{ cm}$$

$$I_y = 132585 \text{ cm}^4 \quad i_y = 18,16 \text{ cm}$$

$$A_s = 325 \text{ cm}^2$$

BI: WF 450 x 300 x 11 x 18

$$I_x = 56100 \text{ cm}^4$$

Tekuk terhadap sumbu x:  $I_c = I_x \text{ kolom}$

$$G_A = \frac{\sum \left( \frac{I_x}{L} \right)_{\text{kolom}}}{\sum \left( \frac{I_x}{L} \right)_{\text{balok}}} = \frac{\frac{127020 \text{ cm}^4}{300} + \frac{127020 \text{ cm}^4}{300}}{\frac{56100}{905} + \frac{56100}{400}} = 4,18$$

$$G_B = 1 (\text{kolom perletakan jepit})$$

Jenis rangka bergoyang sehingga dari nomogram didapatkan nilai

:

$$K_{cx} = 1,6$$

$$L_{kx} = K_{cx} \cdot L = 1,6 \times 300 = 480 \text{ cm}$$



Tekuk terhadap sumbu y :  $I_c = I_y$  kolom

$$G_A = \frac{\Sigma \left( \frac{I_y}{L} \right)_{\text{kolom}}}{\Sigma \left( \frac{I_x}{L} \right)_{\text{balok}}} = \frac{\frac{132585 \text{ cm}^4}{300} + \frac{132585 \text{ cm}^4}{300}}{\frac{56100}{870} + \frac{56100}{870}} = 6,35$$

$$G_B = 1$$

Jenis rangka bergoyang sehingga dari nomogram didapatkan nilai :

$$K_{cy} = 1.9$$

$$L_{ky} = k_{cy} \cdot L = 1.9 \times 300 = 750 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{r_m} = \frac{750}{25,5} = 29,41 \text{ (menentukan)}$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_{my}}{E_m}} = \frac{29,41}{\pi} \sqrt{\frac{575,98}{293603,7}} = 0,41$$

$$(0,25 < 0,41 < 1,2)$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 (0,41)} = 1,1$$

$$f_{cr} = \frac{f_{my}}{\omega} = \frac{575,98}{1,1} = 520,37 \text{ Mpa} = 5203,7 \text{ kg/cm}^2$$

Kuat nominal kolom komposit :

$$p_n = A_s \cdot f_{cr} = 385 \times 5203,7 \text{ kg/cm}^2 = 2050136 \text{ kg}$$

Kuat rencana kolom komposit :

$$\phi P_n = 0,85 \times 2003439 = 1742715,71 \text{ kg}$$

$$\text{Syarat : } \phi P_n > P_u$$

$$1742715,71 \text{ kg} > 1548060,24 \text{ (OK)}$$

Semua beban desain kolom ditopang oleh kolom komposit (terdiri dari profil baja dan beton).

Kuat nominal momen kolom menurut Smith:

$$M_{nc} = f_y Z + \frac{1}{3} (h_2 - 2C_r) A_{rx} f_{yr} + \left( \frac{h_2}{2} - \frac{A_{w, fy}}{1.7 x f_c' x h_1} \right) A_{wx} f_y$$

Dimana :

$$C_r = 40 + 12 + (0,5 \times 22) = 63 \text{ mm} = 6,3 \text{ cm}$$

$$A_r = 4 \times \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 \right) = 1520,53 \text{ mm}^2 = 15,2 \text{ cm}^2$$

$$A_w = t_w \times d = 58,8 \times 1,2 = 70,56 \text{ cm}^2$$

$$h_1 = h_2 = 850 \text{ mm} = 85 \text{ cm}$$

Sehingga:

$$M_{nx} = 13071600 + 990174 + 6293329,4$$

$$M_{nx} = 20355103,7 \text{ kg.cm}$$

$$M_{ny} = f_y Z_x + \frac{1}{3} (h_2 - 2C_r) A_{rx} f_{yr} + \left( \frac{h_2}{2} - \frac{A_{w, fy}}{1.7 x f_c' x h_1} \right) A_{wx} f_y$$

$$M_{ny} = 13351320 + 990174 + 6293329,4$$

$$M_{ny} = 20634823,7 \text{ kg.cm}$$

Kontrol interaksi :

$$\frac{P_u}{\phi_c \times P_n} = \frac{1548060,24}{1742715,71} = 0,88 > 0,2$$

Untuk  $\frac{P_u}{\phi P_n} > 0,2$ .... Digunakan rumus 1 pada SNI 03-1729 ps.12.5

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

$$0,88 + \frac{8}{9} \left( \frac{17391,1}{0,9 \times 20355103,7} + \frac{12640,44}{0,9 \times 20634823,7} \right) \leq 1,0$$

$$= 0,89 < 1 \text{ (OK)}$$

Jadi kolom komposit profil K588x300x12x20 dengan selimut beton 85 cm x 85 cm dapat digunakan.

**Tabel 6. 2** Tabel Rekapitulasi Kolom

Kontrol	K500x200x10x16	K400x200x8x13	Satuan
Pu=	717909.09	4320239,56	kg
Mux=	9846.2	8266,3	kg.m
Muy=	9649.91	8894,31	kg.m
Pn=	1368775.717	982741,08	kg
ø.Pn=	1163459.36	835329,92	kg
Mnx=	11677358.61	9702916,26	kg.cm
Mny=	12755083.61	11456356,26	kg.cm
kontrol interaksi=	0.62 < 1 (Profil dapat dipakai)	0,52 < 1 (Profil dapat dipakai)	

## BAB VII

### PERENCANAAN SAMBUNGAN

#### 7.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

Sambungan ini direncanakan sebagai *simple conection* karena balok anak diasumsikan terletak pada tumpuan sederhana. Sambungan menggunakan baut dan pelat siku sebagai penyambungannya, dengan data-data sebagai berikut:

Balok Anak : WF300x300x9x14

Balok Induk : WF450x300x11x18

$V_u = 8028,97 \text{ kg}$

Baut Tipe tumpu (tidak ada ulir pada bidang geser)

$\varnothing 16 \text{ mm}$  ;  $A_b = \frac{1}{4} \pi \times 1,6^2$

BJ 55 ;  $f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$  ;  $f_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$

Pelat penyambung = (double siku) L70x70x7

BJ 50 ;  $f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$  ;  $f_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$

a. Sambungan pada badan balok anak

Kuat geser:

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times f_u \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 5500 \times 2,01 \times 2 \\ &= 8289,6 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

Kuat tumpu:

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,7 \times 5000 \\ &= 10080 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{12272,6}{8289,6} = 1,48 \approx 2 \text{ baut}$$

$$n \phi V_n \geq V_u$$

$$2 \times 8289,6 \geq 12272,6$$

$$16579,2 \geq 12272,6 \text{ kg (OK)}$$

Kontrol jarak baut:

Jarak tepi: (S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200 mm  
 = 24 mm s/d 102,8 mm

Pakai S1= 35 mm

(S2) = 1,25db s/d 12tp atau 150 mm  
 = 20 mm s/d 84 mm

Pakai S2 = 30 mm

Jarak baut: (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm  
 = 48 mm s/d 105 mm

Pakai S = 60 mm

b. Sambungan pada badan balok induk

Kuat geser:

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times f_u \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 5500 \times 2,01 \times 1 \\ &= 4144,8 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu:

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,7 \times 5000 \\ &= 10080 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{12272,6}{4144,8} = 2,96 \approx 4 \text{ baut}$$

dipasang 2 buah pada masing-masing pelat siku penyambung.

$$n\phi V_n \geq V_u$$

$$4 \times 4144,8 \geq 12272,6$$

$$16579,2 \geq 12272,6 \text{ kg (OK)}$$

Kontrol jarak baut:

Jarak tepi: (S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200 mm  
 = 24 mm s/d 102,8 mm

Pakai S1= 35 mm

(S2) = 1,25db s/d 12tp atau 150 mm  
 = 20 mm s/d 84 mm

Pakai S2 = 30 mm

Jarak baut: (S) =  $3db$  s/d  $15tp$  atau 200 mm  
 = 48 mm s/d 105 mm  
 Pakai S = 60 mm

c. Kontrol kekuatan pelat siku

Diameter perlemahan (dengan bor):

$$d1 = 16 + 1,5 = 17,5 \text{ mm} = 1,75 \text{ cm}$$

$$L = 2 \times S1 + S = 2 \times 35 + 60 = 13 \text{ cm}$$

Kuat geser:

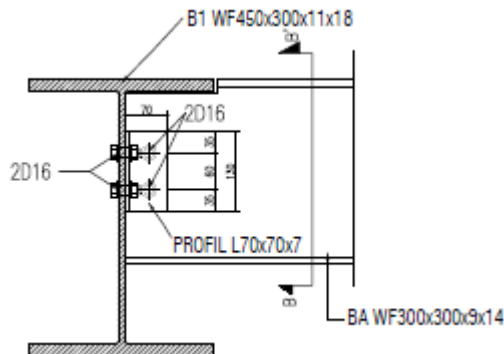
$$\begin{aligned} An_v &= L_{nv} \times t_L \\ &= (L - n \times d1) \times t_L \\ &= (13 - 2 \times 1,75) \times 0,7 \\ &= 6,65 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$\begin{aligned} 2\phi V_n &= 2 \times \phi \times (0,6 \times f_u \times An_v) \\ &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 5000 \times 6,65) \\ &= 29925 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$2\phi V_n \geq V_u$$

$$29925 \geq 12272,6 \text{ Kg (OK)}$$



**Gambar 7. 1** Sambungan balok anak dengan balok induk

## 7.2 Sambungan Balok Induk dengan Kolom

### 7.2.1 Sambungan Balok Induk Memanjang dengan Kolom

Sesuai SNI 1729:2015 dikatakan bahwa untuk sambungan balok ke kolom harus menggunakan las atau baut mutu tinggi. Bila digunakan sambungan kaku yang merupakan bagian dari system pemikul beban gempa harus mempunyai kuat lentur perlu  $M_u$  yang besarnya paling tidak sama dengan yang terkecil dari:

- 1,1  $R_y M_p$  balok atau gelagar, atau
- Momen terbesar yang dapat disalurkan oleh system rangka pada titik tersebut.

Pada sambungan kaku, gaya geser terfaktor  $V_u$  pada sambungan balok ke kolom harus ditetapkan berdasarkan kombinasi pembebanan  $1,2D+0,5L$  ditambah gaya geser yang berasal dari  $M_u$  seperti yang sudah disebutkan diatas.

$$\begin{aligned}
 M_u &= 1,1 \times R_y \times M_p \\
 &= 1,1 \times 1,5 \times (2728 \times 2500) \\
 &= 11253000 \text{ kg. cm} \\
 &= 112530 \text{ kg. m}
 \end{aligned}$$

$V_u$  akibat kombinasi  $1,2D+0,5L$ :

$$V_{u1} = 24651,46 \text{ Kg}$$

$V_u$  akibat  $M_u$ :

$$V_{u2} = \frac{2}{8.7} \times M_u = \frac{2}{8.7} \times 112530 = 25868,97 \text{ Kg}$$

$V_u$  total:

$$V_u = 24651,46 + 25868,97$$

$$= 50520,43 \text{ Kg}$$

Profil dari balok induk dan kolom yang akan disambung adalah sebagai berikut:

Balok Induk = WF 450x300x11x18

Kolom = K 588x300x18x20

### **Akibat beban geser Pu**

#### a. Alat Penyambung

Baut tipe A490 (tanpa ulir pada bidang geser):

$$F_u = 150 \text{ Ksi} = 150 \times 70,3 \text{ kg/cm}^2 = 10545 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing 22 \text{ mm} ; A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times 2,2^2 = 3,80 \text{ cm}^2$$

Pelat penyambung = (2 siku)

L 100x100x10

BJ 50 ;  $f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$  ;  $f_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$

#### b. Sambungan pada badan balok induk

Kuat geser:

$$\begin{aligned} \varnothing V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 10545 \times 3,8 \times 2 \\ &= 30048,51 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu:

$$\begin{aligned} \varnothing R_n &= \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,2 \times 1 \times 5000 \end{aligned}$$



$$= 19800 \text{ Kg (menentukan)}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{Vu}{\phi V_n} = \frac{50520,43}{19800} = 2,55 \approx 3 \text{ baut}$$

$$n\phi V_n \geq Vu$$

$$3 \times 19800 \geq 50520,43$$

$$59400 \geq 50520,43 \text{ kg (OK)}$$

Kontrol jarak baut:

$$\text{Jarak tepi: (S1)} = 1,5db \text{ s/d } (4tp+100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ = 33 \text{ mm s/d } 102,8 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S1} = 33 \text{ mm}$$

$$(S2) = 1,25db \text{ s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ = 27,5 \text{ mm s/d } 84 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S2} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut: (S)} = 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ = 66 \text{ mm s/d } 105 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S} = 67 \text{ mm}$$

c. Sambungan pada sayap kolom

Kuat geser:

$$\phi V_n = \phi \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times f_u \\ = 0,75 \times 0,5 \times 10545 \times 3,8 \times 1 \\ = 15024,25 \text{ kg (menentukan)}$$

Kuat tumpu:

$$\phi R_n = \phi \times 2,4 \times db \times tp \times f_u \\ = 0,75 \times 2,4 \times 2,2 \times 1 \times 5000 \\ = 19800 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{Vu}{\phi V_n} = \frac{50520,43}{15026,62} = 3,36 \approx 6 \text{ baut}$$

dipasang 3 buah pada masing-masing pelat siku penyambung.

$$n\phi V_n \geq Vu$$

$$5 \times 15024,25 \geq 50520,43$$

$$75121,26 \geq 50520,43 \text{ kg (OK)}$$

Kontrol jarak baut:

$$\text{Jarak tepi: (S1)} = 1,5db \text{ s/d } (4tp+100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 33 \text{ mm s/d } 102,8 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S1} = 33 \text{ mm}$$

$$(S2) = 1,25db \text{ s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 27,5 \text{ mm s/d } 84 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S2} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut: (S)} = 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 66 \text{ mm s/d } 105 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S} = 67 \text{ mm}$$

d. Kontrol kekuatan pelat siku

Diameter perlemahan (dengan bor):

$$d1 = 22 + 1,5 = 23,5 \text{ mm} = 2,35 \text{ cm}$$

$$L = 2 \times S1 + 2 \times S = 2 \times 40 + 2 \times 80 = 240 \text{ mm} = 24 \text{ cm}$$

Kuat geser:

$$Anv = Lnv \times t_L$$

$$= (L - n \times d1) \times t_L$$

$$= (24 - 2 \times 2,35) \times 1$$

$$= 12,25 \text{ cm}^2$$

Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$2\phi Vn = 2 \times \phi \times (0,6 \times fu \times Anv)$$

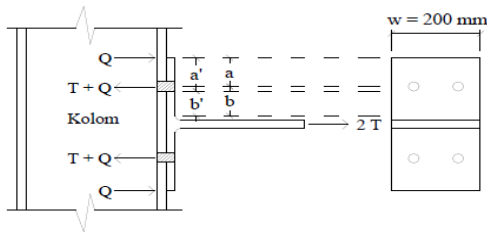
$$= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 5000 \times 12,25)$$

$$= 55125 \text{ kg}$$

$$2\phi Vn \geq Vu$$

$$55125 \geq 50520,43 \text{ Kg (OK)}$$

### Akibat beban Mu



**Gambar 7.2** Gaya – Gaya yang Bekerja pada Profil T untuk Sambungan Balok Induk Memanjang dengan Kolom

- a. Alat penyambung  
 Baut tipe A490 (tanpa ulir pada bidang geser)  
 $f_u = 150 \text{ ksi} = 150 \times 70,3 \text{ kg/cm}^2 = 10545 \text{ kg/cm}^2$   
 $\varnothing 30 \text{ mm} ; A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times 3^2 = 7,068 \text{ cm}^2$   
 $\varnothing 33 \text{ mm} ; A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times 3,3^2 = 8,56 \text{ cm}^2$

Potongan profil T 400x400x30x50 dengan data-data sebagai berikut:

$$d = 229 \text{ mm} \quad t_w = 30 \text{ mm}$$

$$b_f = 417 \text{ mm} \quad t_f = 50 \text{ mm}$$

$$r = 22 \text{ mm}$$

$$\text{BJ 55} ; f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2 ; f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

- b. Sambungan pada sayap potongan profil T 400x400x30x50 dengan sayap kolom

Gaya tarik akibat momen:

$$2T = \frac{M_u}{d_{\text{balok}}}$$

$$T = \frac{M_u}{d_{\text{balok}}} = \frac{115033,33 \text{ kg}}{2 \times 0,45} = 125033,33 \text{ Kg}$$

Kekuatan tarik nominal dari baut (pakai baut  $\varnothing 30 \text{ mm}$ ):

$$\varnothing T_n = \varnothing \times 0,75 \times f_u \times A_b$$

$$= 0,75 \times 0,75 \times 10545 \times 7,068$$

$$= 41906,30 \text{ Kg}$$

Bila digunakan 2 baut dalam 1 baris:

$$\begin{aligned} B &= 2 \times \varnothing T_n \\ &= 2 \times 41906,28 \\ &= 83812,98 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Syarat:

$$B > T$$

$$83812,98 > 125033,34 \text{ (NOT OK)}$$

$$\text{Kuat tarik 1 baut (B)} = \frac{83848,56}{2} = 41906,50 \text{ Kg}$$

Untuk mengatasi, dapat dipakai potongan profil T 400x400x30x50 yang dihubungkan ke bawah balok utama agar lengan kopel menjadi besar.

$$\text{Lengan kopel} = \frac{11253000}{2 \times 83812,98} = 0,67 \approx 0,8 \text{ m} = 80 \text{ cm}$$

$$\text{Gaya kopel} = \frac{11253000}{2 \times 80} = 70331,25 \text{ Kg}$$

Syarat:

$$B > T$$

$$83812,98 > 70331,25 \text{ Kg}$$

Dengan menggunakan profil T 400x400x30x50 maka:

$$c = r + 0,5tw = 22 + 0,5 \times 30 = 37 \text{ mm}$$

$$a+b = 0,5bf - c = 0,5 \times 417 - 37 = 171,5 \text{ mm}$$

$$b = 77,5 \text{ (direncanakan)}$$

$$a = 171,5 - 77,5 = 94 \text{ mm}$$

Syarat menurut Kulak, Fisher dan Struik:  $a \leq 1,25b$

$$a' = a + 0,5 \times \varnothing \text{ baut} = 94 + 0,5 \times 30 = 109 \text{ mm}$$

$$b' = b - 0,5 \times \varnothing \text{ baut} = 77,5 - 0,5 \times 30 = 62,5 \text{ mm}$$

$$\delta = \frac{(w - \Sigma \varnothing_{\text{lubang}})}{w} = \frac{(300 - 2(30 + 1,5))}{300} = 0,79$$

$$\beta = \left( \frac{B}{T} - 1 \right) \left( \frac{b'}{a'} \right) = \left( \frac{83812,98}{41906,5} - 1 \right) \left( \frac{109}{62,5} \right) = 0,33$$

Karena  $\beta < 1$ , maka  $\alpha = 0,33$

Maka:

$$Q = T \left( \frac{\alpha \delta}{1 + \alpha \delta} \right) \left( \frac{b'}{a'} \right) = 70331,25 \left( \frac{0,33 \times 0,79}{1 + 0,33 \times 0,79} \right) \left( \frac{62,5}{109} \right)$$

$$= 8425,40 \text{ Kg}$$

Gaya pada baut:

$$T + Q \leq B$$

$$70331,25 + 8425,40 \leq 83812,98 \text{ Kg}$$

$$78756,7 \text{ Kg} \leq 83812,98 \text{ Kg (OK)}$$

Tebal flens profil T

$$t_f \geq \sqrt{\frac{4 \cdot T \cdot b'}{\phi \cdot w \cdot f_y \cdot (1 + \alpha \delta)}} = \sqrt{\frac{4 \times 70331,25 \times 6,25}{0,9 \times 30 \times 4100 \times (1 + 0,685)}}$$

$$t_f \geq 3,54 \text{ cm}$$

$$5 \text{ cm} \geq 3,54 \text{ cm}$$

c. Sambungan pada badan profil T dengan sayap balok

Kekuatan baut (pakai baut Ø33 mm)

Kuat geser:

$$\phi V_n = \phi \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times f_u$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 10545 \times 8,552 \times 1$$

$$= 33817,81 \text{ kg (menentukan)}$$

Kuat tumpu:

$$\phi R_n = \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 2,2 \times 1,1 \times 5000$$

$$= 35937 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{2T}{\phi V_n} = \frac{2 \times 70331,25}{33817,81} = 4,16 \approx 6 \text{ baut}$$

dipasang 3 baris baut, dimana dalam 1 baris ada 3 baut.

$$n \phi V_n \geq V_u$$

$$6 \times 33817,81 \geq 50520,43 \text{ Kg}$$

$$202827,41 \geq 50520,43 \text{ Kg (OK)}$$

Kekuatan pada badan profil T

Badan profil T sebagai batang tarik:



bagian dari system pemikul beban gempa harus mempunyai kuat lentur perlu  $M_u$  yang besarnya paling tidak sama dengan yang terkecil dari:

- a)  $1,1 R_y M_p$  balok atau gelagar, atau
- b) Momen terbesar yang dapat disalurkan oleh system rangka pada titik tersebut.

Pada sambungan kaku, gaya geser terfaktor  $V_u$  pada sambungan balok ke kolom harus ditetapkan berdasarkan kombinasi pembebanan  $1,2D+0,5L$  ditambah gaya geser yang berasal dari  $M_u$  seperti yang sudah disebutkan diatas.

$$\begin{aligned}
 M_u &= 1,1 \times R_y \times M_p \\
 &= 1,1 \times 1,5 \times (2728 \times 2500) \\
 &= 11253000 \text{ kg. cm} \\
 &= 112530 \text{ kg. m}
 \end{aligned}$$

$V_u$  akibat kombinasi  $1,2D+0,5L$ :

$$V_{u1} = 16028,82 \text{ Kg}$$

$V_u$  akibat  $M_u$ :

$$V_{u2} = \frac{2}{9,05} \times M_u = \frac{2}{9,05} \times 112530 = 24868,51 \text{ Kg}$$

$V_u$  total:

$$\begin{aligned}
 V_u &= 16028,82 + 24868,51 \\
 &= 40897,33 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Profil dari balok induk dan kolom yang akan disambung adalah sebagai berikut:

Balok Induk = WF 450x300x11x18

Kolom = K 588x300x18x20

### **Akibat beban geser Pu**

a. Alat Penyambung

Baut tipe A490 (tanpa ulir pada bidang geser):

$$F_u = 150 \text{ Ksi} = 150 \times 70,3 \text{ kg/cm}^2 = 10545 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing 22 \text{ mm} ; A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times 2,2^2 = 3,80 \text{ cm}^2$$

Pelat penyambung = (2 siku)

L 100x100x10

BJ 50 ;  $f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$  ;  $f_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$

b. Sambungan pada badan balok induk

Kuat geser:

$$\varnothing V_n = \varnothing \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times m$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 10545 \times 3,8 \times 2$$

$$= 30048,51 \text{ Kg}$$

Kuat tumpu:

$$\varnothing R_n = \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 2,2 \times 1 \times 5000$$

$$= 19800 \text{ Kg (menentukan)}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{V_u}{\varnothing V_n} = \frac{40897,33}{19800} = 2,06 \approx 3 \text{ baut}$$

$$n \varnothing V_n \geq V_u$$



$$3 \times 19800 \geq 59400 \geq 40897,33 \text{ kg (OK)}$$

Kontrol jarak baut:

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi: (S1)} &= 1,5db \text{ s/d } (4tp+100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 33 \text{ mm s/d } 102,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 33 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{(S2)} &= 1,25db \text{ s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 27,5 \text{ mm s/d } 84 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S2} = 40 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut: (S)} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 66 \text{ mm s/d } 105 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S} = 67 \text{ mm}$$

c. Sambungan pada sayap kolom

Kuat geser:

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times f_u \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 10545 \times 3,8 \times 1 \\ &= 15024,25 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

Kuat tumpu:

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \times 2,4 \times db \times tp \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,2 \times 1 \times 5000 \\ &= 19800 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{40897,33}{15026,62} = 3,36 \approx 6 \text{ baut}$$

dipasang 3 buah pada masing-masing pelat siku penyambung.

$$n\phi V_n \geq V_u$$

$$3 \times 15024,25 \geq 40897,33$$

$$45072,75 \geq 40897,33 \text{ kg (OK)}$$

Kontrol jarak baut:

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi: (S1)} &= 1,5db \text{ s/d } (4tp+100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 33 \text{ mm s/d } 102,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 33 \text{ mm}$$

$$\text{(S2)} = 1,25db \text{ s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 27,5 \text{ mm s/d } 84 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S2 = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut: (S)} = 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 66 \text{ mm s/d } 105 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S = 67 \text{ mm}$$

d. Kontrol kekuatan pelat siku

Diameter perlemahan (dengan bor):

$$d1 = 22 + 1,5 = 23,5 \text{ mm} = 2,35 \text{ cm}$$

$$L = 2 \times S1 + 2 \times S = 2 \times 40 + 2 \times 80 = 240 \text{ mm} = 24 \text{ cm}$$

Kuat geser:

$$Anv = Lnv \times t_L$$

$$= (L - n \times d1) \times t_L$$

$$= (24 - 2 \times 2,35) \times 1$$

$$= 12,25 \text{ cm}^2$$

Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$2\phi Vn = 2 \times \phi \times (0,6 \times fu \times Anv)$$

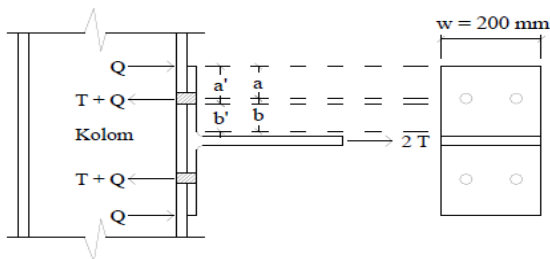
$$= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 5000 \times 12,25)$$

$$= 55125 \text{ kg}$$

$$2\phi Vn \geq Vu$$

$$55125 \geq 40897,33 \text{ Kg (OK)}$$

### Akibat beban Mu



a. Alat penyambung

Baut tipe A490 (tanpa ulir pada bidang geser)

$$fu = 150 \text{ ksi} = 150 \times 70,3 \text{ kg/cm}^2 = 10545 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi 30 \text{ mm} ; Ab = \frac{1}{4} \times \pi \times 3^2 = 7,068 \text{ cm}^2$$

$$\phi 33 \text{ mm} ; Ab = \frac{1}{4} \times \pi \times 3,3^2 = 8,56 \text{ cm}^2$$

Potongan profil T 400x400x30x50 dengan data-data sebagai berikut:

$$d = 229 \text{ mm} \quad tw = 30 \text{ mm}$$

$$bf = 417 \text{ mm} \quad tf = 50 \text{ mm}$$

$$r = 22 \text{ mm}$$

$$BJ 55 ; f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2 ; f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

- b. Sambungan pada sayap potongan profil T 400x400x30x50 dengan sayap kolom

Gaya tarik akibat momen:

$$2T = \frac{M_u}{d_{\text{balok}}}$$

$$T = \frac{M_u}{d_{\text{balok}}} = \frac{115033,33 \text{ kg}}{2 \times 0,45} = 125033,33 \text{ Kg}$$

Kekuatan tarik nominal dari baut (pakai baut Ø30 mm):

$$\phi T_n = \phi \times 0,75 \times f_u \times A_b$$

$$= 0,75 \times 0,75 \times 10545 \times 7,068$$

$$= 41906,30 \text{ Kg}$$

Bila digunakan 2 baut dalam 1 baris:

$$B = 2 \times \phi T_n$$

$$= 2 \times 41906,28$$

$$= 83812,98 \text{ Kg}$$

Syarat:

$$B > T$$

$$83812,98 > 125033,34 \text{ (NOT OK)}$$

$$\text{Kuat tarik 1 baut (B)} = \frac{83848,56}{2} = 41906,50 \text{ Kg}$$

Untuk mengatasi, dapat dipakai potongan profil T 400x400x30x50 yang dihubungkan ke bawah balok utama agar lengan kopel menjadi besar.

$$\text{Lengan kopel} = \frac{11253000}{2 \times 83812,98} = 0,67 \approx 0,8 \text{ m} = 80 \text{ cm}$$

$$\text{Gaya kopel} = \frac{11253000}{2 \times 80} = 70331,25 \text{ Kg}$$

Syarat:

$$B > T$$

$$83812,98 > 70331,25 \text{ Kg}$$

Dengan menggunakan profil T 400x400x30x50 maka:

$$c = r + 0,5tw = 22 + 0,5 \times 30 = 37 \text{ mm}$$

$$a+b = 0,5bf - c = 0,5 \times 417 - 37 = 171,5 \text{ mm}$$

$$b = 77,5 \text{ (direncanakan)}$$

$$a = 171,5 - 77,5 = 94 \text{ mm}$$

Syarat menurut Kulak, Fisher dan Struik:  $a \leq 1,25b$

$$a' = a + 0,5x\emptyset\text{baut} = 94 + 0,5 \times 30 = 109 \text{ mm}$$

$$b' = b - 0,5x\emptyset\text{baut} = 77,5 - 0,5 \times 30 = 62,5 \text{ mm}$$

$$\delta = \frac{(w - \Sigma\emptyset_{\text{lubang}})}{w} = \frac{(300 - 2(30 + 1,5))}{300} = 0,79$$

$$\beta = \left(\frac{B}{T} - 1\right) \left(\frac{b'}{a'}\right) = \left(\frac{83812,98}{41906,5} - 1\right) \left(\frac{109}{62,5}\right) = 0,33$$

Karena  $\beta < 1$ , maka  $\alpha = 0,33$

Maka:

$$Q = T \left( \frac{\alpha\delta}{1 + \alpha\delta} \right) \left( \frac{b'}{a'} \right) = 70331,25 \left( \frac{0,33 \times 0,79}{1 + 0,33 \times 0,79} \right) \left( \frac{62,5}{109} \right)$$

$$= 8425,40 \text{ Kg}$$

Gaya pada baut:

$$T + Q \leq B$$

$$70331,25 + 8425,40 \leq 83812,98 \text{ Kg}$$

$$78756,7 \text{ Kg} \leq 83812,98 \text{ Kg (OK)}$$

Tebal flens profil T

$$tf \geq \sqrt{\frac{4 \cdot T \cdot b'}{\emptyset \cdot w \cdot fy \cdot (1 + \alpha\delta)}} = \sqrt{\frac{4 \times 70331,25 \times 62,5}{0,9 \times 30 \times 4100 \times (1 + 0,685)}}$$

$$tf \geq 3,54 \text{ cm}$$

$$5 \text{ cm} \geq 3,54 \text{ cm}$$

- c. Sambungan pada badan profil T dengan sayap balok  
Kekuatan baut (pakai baut Ø33 mm)

Kuat geser:

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times f_u \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 10545 \times 8,552 \times 1 \\ &= 33817,81 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu:

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,2 \times 1,1 \times 5000 \\ &= 35937 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{2T}{\phi V_n} = \frac{2 \times 70331,25}{33817,81} = 4,16 \approx 6 \text{ baut}$$

dipasang 3 baris baut, dimana dalam 1 baris ada 3 baut.

$$n \phi V_n \geq V_u$$

$$6 \times 33817,81 \geq 40897,33 \text{ Kg}$$

$$202827,41 \geq 40897,33 \text{ Kg (OK)}$$

Kekuatan pada badan profil T

Badan profil T sebagai batang tarik:

$$A_g = w \times t_w = 30 \times 3 = 90 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A_g - \sum d' \times t_w$$

$$= 90 - 3 \times (3,3 \times 0,15) \times 3 = 58,95 \text{ cm}^2$$

Kontrol leleh:

$$\phi R_n = \phi \times A_g \times f_y \geq 2T$$

$$= 0,9 \times 90 \times 4100 \geq 140662,5$$

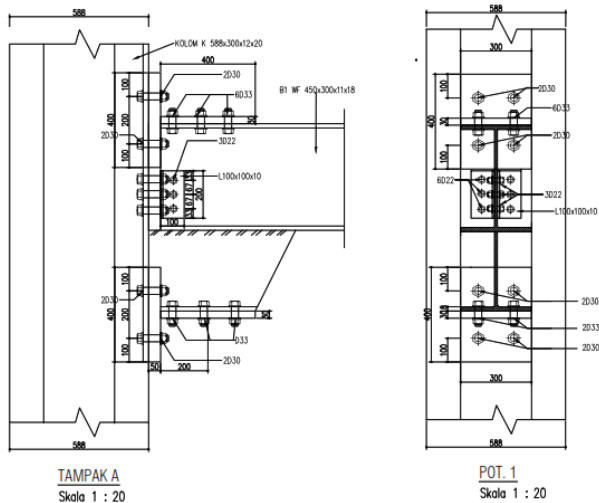
$$= 332100 \geq 140662,5 \text{ Kg (OK)}$$

Kontrol leleh:

$$\phi R_n = \phi \times A_n \times f_u \geq 2T$$

$$= 0,75 \times 90 \times 5500 \geq 140662,5$$

$$= 243168,75 \geq 140662,5 \text{ Kg (OK)}$$



**Gambar 7. 4** Sambungan balok induk melintang dengan kolom

### 7.3 Sambungan Antar Kolom

Berdasarkan hasil SAP 2000 v14 diperoleh gaya-gaya yang bekerja pada kolom:

$$\begin{aligned}
 P_{ux} &= 800593,23 \text{ kg} \\
 M_{ux} &= 27148,83 \text{ kg.m} \\
 M_{uy} &= 14542,9 \text{ kg.m} \\
 V_{ux} &= 7876,6 \text{ kg} \\
 V_{uy} &= 6403,71 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kolom K 588x300x12x20

BJ 41 :  $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$

$$f_u = 410 \text{ kg/cm}^2$$

- Alat penyambung  
 Baut tipe A490 (tanpa ulir pada bidang geser)  
 $f_u = 150 \text{ ksi} = 150/1 \times 70,3 \text{ kg/cm}^2 = 10545 \text{ kg/cm}^2$

$$\varnothing 28 \text{ mm} ; A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times 2,8^2 = 6,154 \text{ cm}^2$$

Pelat penyambung:

Tebal 15 mm

$$BJ 50 ; f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2 ; f_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

Pembagian beban aksial:

$$P_{u_{\text{badan}}} = \frac{A_{\text{badan}}}{A_{\text{profil}}} \cdot P_u = \frac{1,2 \cdot (58,8 - 2 \times 2)^2}{385} = 273490,98 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} P_{u_{\text{sayap}}} &= P_u - P_{u_{\text{badan}}} \\ &= 800593,28 - 273490,98 \\ &= 527102,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

### **Sambungan arah x**

Pembagian beban momen:

$$\begin{aligned} M_{u_{\text{badan}}} &= \frac{I_{\text{badan}}}{I_{\text{profil}}} = \frac{\frac{1}{12} \cdot 1,2 \cdot (58,8 - 2 \times 2)^3}{127020} \times 27148,83 \\ &= 3735,56 \text{ kg. m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{u_{\text{sayap}}} &= M_u - M_{u_{\text{badan}}} \\ &= 27148,83 - 3735,56 = 23395,27 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- a. Sambungan pada sayap kolom (pakai baut  $\varnothing 28 \text{ mm}$ )

Kuat geser:

$$\begin{aligned} \varnothing V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times f_u \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 10545 \times 6,154 \times 1 \\ &= 24336,81 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

Kuat tumpu:

$$\begin{aligned} \varnothing R_n &= \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,8 \times 1,5 \times 5000 \\ &= 37800 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya kopel pada sayap:

$$T = \frac{M_{u_{\text{sayap}}}}{d} = \frac{23395,27}{0,588} = 40189,52 \text{ kg}$$

Total gaya pada sayap:

$$P_{u_{\text{total}}} = T + P_{u_{\text{sayap}}}/4$$

$$= 40189,52 + (527102,3/4)$$

$$= 171965,1 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{P_{u\text{total}}}{\phi V_n} = \frac{171965,1}{24336,81} = 7,07 \approx 8 \text{ baut}$$

Kontrol jarak baut:

Jarak tepi: (S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200 mm

$$= 42 \text{ mm s/d } 160 \text{ mm}$$

Pakai S1 = 50 mm

(S2) = 1,25db s/d 12tp atau 150 mm

$$= 35 \text{ mm s/d } 180 \text{ mm}$$

Pakai S2 = 50 mm

Jarak baut: (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm

$$= 84 \text{ mm s/d } 200 \text{ mm}$$

Pakai S = 200 mm

- b. Sambungan pada badan kolom (pakai baut Ø28 mm)

Kuat geser:

$$\phi V_n = \phi \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times f_u$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 10545 \times 6,154 \times 2$$

$$= 48673,61 \text{ kg}$$

Kuat tumpu:

$$\phi R_n = \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 2,8 \times 1,2 \times 5000$$

$$= 30240 \text{ kg (menentukan)}$$

Momen yang bekerja pada titik berat sambungan:

$$M_u = (M_{u\text{badan}} + V_{u_x} \times e)$$

$$= (3517,39 + 7876,6 \times 0,15)$$

$$= 4698,88 \text{ kg.m}$$

Perkiraan jumlah baut:

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot M_u}{\mu R_u}} = \sqrt{\frac{6 \times 469888}{10 \times (0,7 \times 1,2 \times 24336,81)}} = 3,71 \approx 8 \text{ baut}$$

Akibat  $P_u$ :

$$K_{UV1} = \frac{P_{u\text{badan}}}{2 \cdot n} = \frac{273490,98}{2 \cdot 8} = 17093,19 \text{ kg}$$



Akibat  $V_u$ :

$$K_{UH1} = \frac{V_{u_x}}{n} = \frac{7876,6}{8} = 984,57 \text{ kg}$$

Akibat  $M_u$

$$\Sigma x^2 = 8x(5^2) = 200 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma y^2 = 4x(5^2 + 15^2 + 25^2 + 35^2) = 8400 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma(x^2 + y^2) = 8600 \text{ cm}^2$$

$$K_{UV2} = \frac{M_{u_{total}} \cdot x}{\Sigma(x^2 + y^2)} = \frac{4698,88 \times 5}{8600} = 2,73 \text{ kg}$$

$$K_{UV2} = \frac{M_{u_{total}} \cdot y}{\Sigma(x^2 + y^2)} = \frac{4698,88 \times 35}{8600} = 19,12 \text{ kg}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} K_{u_{total}} &= \sqrt{(\Sigma K_{UV})^2 + (\Sigma K_{UH})^2} \\ &= \sqrt{(17093,19 + 2,73)^2 + (984,57 + 19,12)^2} \\ &= 17125,36 \text{ kg} < \emptyset V_n = 30240 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Kontrol jarak baut:

Jarak tepi: (S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200 mm

= 42 mm s/d 160 mm

Pakai S1 = 50 mm

(S2) = 1,25db s/d 12tp atau 150 mm

= 35 mm s/d 180 mm

Pakai S2 = 50 mm

Jarak baut: (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm

= 84 mm s/d 200 mm

Pakai S = 100 mm

### **Sambungan arah y**

Pembagian beban momen:

$$M_{u_{badan}} = \frac{I_{badan}}{I_{profil}} = \frac{1/12 \cdot 1,2 \cdot (58,8 - 2 \times 2)^3}{127020} \times 14542,9$$

$$= 34,38 \text{ kg.m}$$

$$\text{Mu}_{\text{sayap}} = \text{Mu} - \text{Mu}_{\text{badan}}$$

$$= 14542,9 - 34,38 = 14508,52 \text{ kg.m}$$

- a. Sambungan pada sayap kolom (pakai baut Ø28 mm)

Kuat geser:

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times f_u \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 10545 \times 6,154 \times 1 \\ &= 24336,81 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu:

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,8 \times 1,5 \times 5000 \\ &= 37800 \text{ kg}\end{aligned}$$

Gaya kopel pada sayap:

$$T = \frac{\text{Mu}_{\text{sayap}}}{d} = \frac{14508,52}{0,588} = 24764,35 \text{ kg}$$

Total gaya pada sayap:

$$\begin{aligned}\text{Pu}_{\text{total}} &= T + \text{Pu}_{\text{sayap}}/4 \\ &= 24764,35 + (527102,3/4) \\ &= 156449,92 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{\text{Pu}_{\text{total}}}{\phi V_n} = \frac{156449,92}{24336,81} = 6,43 \approx 8 \text{ baut}$$

Kontrol jarak baut:

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi: (S1)} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p+100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 42 \text{ mm s/d } 160 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 50 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}(\text{S2}) &= 1,25d_b \text{ s/d } 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 35 \text{ mm s/d } 180 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S2} = 50 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak baut: (S)} &= 3d_b \text{ s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 84 \text{ mm s/d } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S} = 200 \text{ mm}$$

- b. Sambungan pada badan kolom (pakai baut Ø28 mm)

Kuat geser:

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times f_u \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 10545 \times 6,154 \times 2 \\ &= 48673,61 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu:

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,8 \times 1,2 \times 5000 \\ &= 30240 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Momen yang bekerja pada titik berat sambungan:

$$\begin{aligned}M_u &= (M_{u_{\text{badan}}} + V_{u_x} \times e) \\ &= (34,38 + 6403,71 \times 0,15) \\ &= 994,94 \text{ kg. m}\end{aligned}$$

Perkiraan jumlah baut:

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot M_u}{\mu R_u}} = \sqrt{\frac{6 \times 99493,9}{10 \times (0,7 \times 1,2 \times 30240)}} = 1,67 \approx 8 \text{ baut}$$

Akibat  $P_u$ :

$$K_{UV1} = \frac{P_{u_{\text{badan}}}}{2 \cdot n} = \frac{273490,98}{2 \cdot 8} = 17093,19 \text{ kg}$$

Akibat  $V_u$ :

$$K_{UH1} = \frac{V_{u_y}}{n} = \frac{6403,71}{8} = 800,46 \text{ kg}$$

Akibat  $M_u$

$$\Sigma x^2 = 8 \times (5^2) = 200 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma y^2 = 4 \times (5^2 + 15^2 + 25^2 + 35^2) = 8400 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma (x^2 + y^2) = 8600 \text{ cm}^2$$

$$K_{UV2} = \frac{M_{u_{\text{total}}} \cdot x}{\Sigma (x^2 + y^2)} = \frac{994,94 \times 5}{8600} = 0,59 \text{ kg}$$

$$K_{UH2} = \frac{M_{u_{\text{total}}} \cdot y}{\Sigma (x^2 + y^2)} = \frac{994,94 \times 35}{8600} = 4,05 \text{ kg}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned}K_{u_{\text{total}}} &= \sqrt{(\Sigma K_{UV})^2 + (\Sigma K_{UH})^2} \\ &= \sqrt{(17093,19 + 0,59)^2 + (800,46 + 4,05)^2} \\ &= 17112,7 \text{ kg} < \phi V_n = 30240 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

Kontrol jarak baut:

Jarak tepi: (S1) =  $1,5db$  s/d (4tp+100) atau 200 mm

= 42 mm s/d 160 mm

Pakai S1= 50 mm

(S2) =  $1,25db$  s/d 12tp atau 150 mm

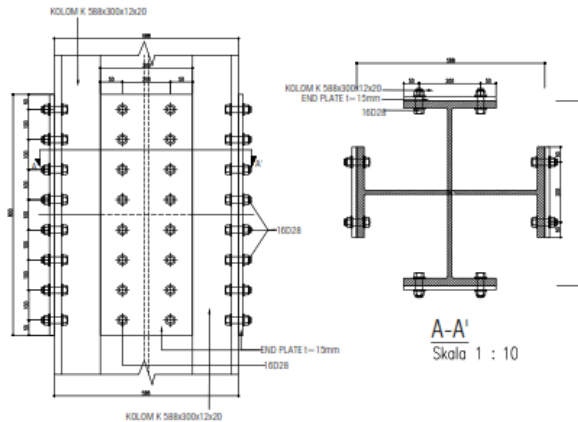
= 35 mm s/d 180 mm

Pakai S2 = 50 mm

Jarak baut: (S) =  $3db$  s/d 15tp atau 200 mm

= 84 mm s/d 200 mm

Pakai S = 200 mm



**Gambar 7. 5** Sambungan Antar Kolom

## 7.4 Desain base plate

### Sambungan Kolom dengan *Base Plate*

Sambungan kolom tepi dengan base plate direncanakan dengan gaya – gaya yang bekerja sebagai berikut:

$P_u = 1548060,24$  kg

$M_{ux} = 17391,1$  kgm

$M_{uy} = 12640,44$  kgm

Direncanakan beton dengan mutu ( $f_c'$ ) = 30MPa.

### Sambungan las pada base plate

Direncanakan las dengan mutu  $F_{E90XX}$  dengan  $t_e = 1.8$  cm.  
Sehingga

$$A_{las} = \{(2x63,9) + (2x65,2) + (4x30)\}x1,8 = 680,76$$

$$I_x = \left[ 2x \left[ \frac{1}{12} x1,8 x65,2^3 + \frac{1}{12} x30x1,8^3 + 30x1,8x32,6^2 \right] \right. \\ \left. + \left[ 2x \left[ \frac{1}{12} x63,9x1,8^3 + \frac{1}{12} x1,8x30^2 \right] \right] \right] = 206119,7 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \left[ 2x \left[ \frac{1}{12} x1,8x65,9^3 + \frac{1}{12} x30x1,8^3 + 30x1,8x31,95^2 \right] \right. \\ \left. + \left[ 2x \left[ \frac{1}{12} x65,2x1,8^3 + \frac{1}{12} x1,8x30^3 \right] \right] \right] \\ = 196714,3 \text{ cm}^4$$

$$W_x = I_x / y_{max} = 206119.7 / 32.6 = 6322.69 \text{ cm}^3$$

$$W_y = I_y / x_{max} = 196714.3 / 21.95 = 8961.92 \text{ cm}^3$$

$$f_{total} = \frac{P_u}{A} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \\ \frac{1548060,24}{680,76} + \frac{17391,1}{6322,69} + \frac{12640,44}{8961,92} \\ = 2278,17 \text{ kg/cm}^2$$

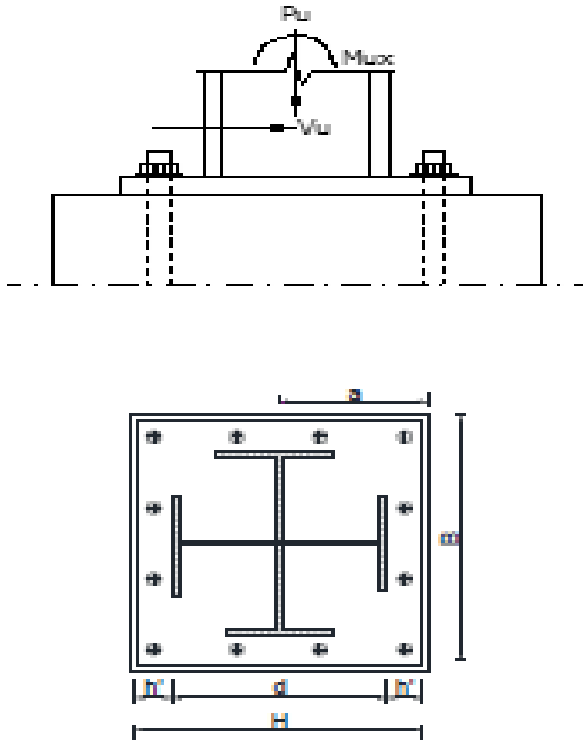
Kuat rencana las ( $t_e = 1\text{cm}$ ) :

$$\phi_{fn} = 0.75 x 0.6 x 90 x 70.3 x 1 = 2847.15 \text{ kg/cm}$$

Maka :

$$t_{c_{perlu}} = \frac{f_{total}}{\phi_{fn}} 1\text{cm} = \frac{2278,18}{2847,15} x 1\text{cm} = 0,80 \text{ cm}$$

$$\alpha_{perlu} = \frac{t_{c_{perlu}}}{0,707} = \frac{0,80}{0,707} = 1,32 \text{ cm}$$



**Gambar 7.6** Desain baseplate

### Perhitungan Base Plate

Arah y :

$$e_y = \frac{M_{uy}}{P_u} = \frac{1264044}{1548060,24} = 0,8 \text{ cm} = 8 \text{ mm}$$

Direncanakan diameter angkur : 1 inch = 2,54 cm

$$h' > w_e + c_1$$

$$w_e = \text{jarak baut ke tepi} = 1\frac{3}{4} \times 2,54 = 4,45 \text{ cm} = 44,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} c_1 &= \text{jarak minimum untuk kunci} = 27/16 \times 2,54 \\ &= 4,29 \text{ cm} = 42,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$h' \geq 4,45 + 4,29$$

$$\geq 87,5 \text{ mm}$$

$$h = H - 0,5h' = 875 - 0,5 \times 87,5 = 831,25 \text{ mm}$$

Dimensi base plate :

$$H1 = 850 + 2 \times (44,5 + 42,9) = 1025 \text{ mm} \approx 1025$$

$$B1 = 850 + 2 \times (4,45 + 4,29) = 1025 \text{ mm} \approx 1025$$

$$\frac{H}{6} = \frac{1025}{6} = 170,83 \text{ mm}$$

$$\frac{M U_y}{P_u} < \frac{H}{6}$$

maka tidak perlu angker untuk menahan gaya tarik , dpasang angker praktis

Dimensi beton pedestal:

$$H2 = 1025 + 2(87,5) = 1200 \text{ mm}$$

$$B2 = 1025 + 2(87,5) = 1200 \text{ mm}$$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{1200 \times 1200}{1025 \times 1025}} = 1,17$$

$$f_{cu} = 0,85 \times f_c' \times 1,2$$

$$= 1,02 f_c'$$

$$\phi . M_n = 0,9 \times f_{yx} B x \frac{t^2}{4} \geq \phi c x f_c' u x B m x h' x \left( \frac{h'}{2} \right)$$

$$= \frac{0,9}{4} \times f_{yx} B x t^2 \geq 0,6 \times f_c' u x B m x h' x \left( \frac{h'}{2} \right)$$

$$= t \geq h' x \sqrt{\frac{1,33 \times f_c' u x B m}{f_{yx} B}}$$

$$= 10,25 x \sqrt{\frac{1,33 \times 1,02 \times 300}{2500}} = 4,1 \text{ cm}$$

Jadi dipakai tebal plat 4 cm

### Perhitungan Base Plate

#### Arah x

$$e_x = \frac{M_{Ux}}{P_u} = \frac{1739110}{1548060,24} = 1,1 \text{ cm} = 11 \text{ mm}$$

Direnakan diameter angkur : 1 inch = 2,54 cm

$$h' > w_e + c_1$$

$$w_e = \text{jarak baut ke tepi} = 1\frac{3}{4} \times 2,54 = 4,45 \text{ cm} = 44,5 \text{ mm}$$

$$c_1 = \text{jarak minimum untuk kunci} = 27/16 \times 2,54 \\ = 4,29 \text{ cm} = 42,9 \text{ mm}$$

$$h' \geq 4,45 + 4,29$$

$$\geq 87,5 \text{ mm}$$

$$h = H - 0,5h' = 925 - 0,5 \times 87,5 = 881,75 \text{ mm}$$

Dimensi base plate :

$$H1 = 850 + 2 \times (44,5 + 42,9) = 1025 \text{ mm} \approx 1025$$

$$B1 = 850 + 2 \times (4,45 + 4,29) = 1025 \text{ mm} \approx 1025$$

$$\frac{H}{6} = \frac{1025}{6} = 170,83 \text{ mm}$$

$$\frac{M_{Uy}}{P_u} < \frac{H}{6}$$

maka tidak perlu angker untuk menahan gaya tarik , dpasang angker praktis

Dimensi beton pedestal :

$$H2 = 1025 + 2(87,5) = 1200 \text{ mm}$$

$$B2 = 1025 + 2(87,5) = 1200 \text{ mm}$$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{1200 \times 1200}{1025 \times 1025}} = 1,17$$



$$f_{cu} = 0,85 \times f_c' \times 1,2$$

$$= 1,02 f_c'$$

$$\phi \cdot M_n = 0.9 \times f_y \times B \times \frac{t^2}{4} \geq \phi \times f_c' \times u \times B \times h' \times \left( \frac{h'}{2} \right)$$

$$= \frac{0.9}{4} \times f_y \times B \times t^2 \geq 0.6 \times f_c' \times u \times B \times h' \times \left( \frac{h'}{2} \right)$$

$$= t \geq h' \times \sqrt{\frac{1,33 \times f_c' \times u \times B}{f_y \times B}}$$

$$= 1,2 \times \sqrt{\frac{1,33 \times 1,02 \times 300}{2500}} = 4,1 \text{ cm}$$

Jadi dipakai tebal plat 4 cm

## BAB VIII

### PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH

#### 8.1 Umum

Pada perencanaan ini struktur bawah yang direncanakan yaitu basement dan pondasi. Struktur basement meliputi dinding basement dan pelat lantai basement, sedangkan struktur pondasi meliputi *poer* dan tiang pancang.

#### 8.2 Perencanaan basement

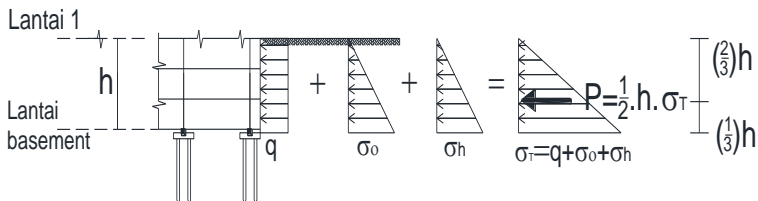
##### 8.2.1 Penulangan Dinding Basement

Dinding basement direncanakan menggunakan beton dengan data perencanaan sebagai berikut.

Mutu beton ( $f_c'$ )	= 30 Mpa
Mutu baja tulangan ( $f_y$ )	= 491 Mpa (BJ TS 50)
Tebal dinding basement	= 30 cm
Diameter tulangan	= 16 mm
Tinggi dinding basement	= 7,6 m
Panjang basement	= 9,05 m
Tebal selimut beton	= 40 mm

- Pembebanan dinding basement

Beban yang bekerja pada dinding basement berupa tekanan tanah aktif. Beban tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 8. 1.** Diagram tegangan tekanan tanah

- Data tanah

$$\gamma = 1,738 \text{ t/m}^3$$

$$c = 0,859 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 0^\circ$$

- Perhitungan gaya dalam dinding

$$K_a = \tan^2(45 - \phi/2)$$

$$= \tan^2(45 - 0/2) = 1$$

$$\text{Pada } Z = 0 \text{ m}$$

$$\sigma_1 = \gamma \times h_1 \times K_a$$

$$= 1736 \times 0 \times 1 = 0 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Pada } Z_1 = 4,6 \text{ m}$$

$$\sigma_2 = \gamma \times h_2 \times K_a$$

$$= 1736 \times 4,6 \times 1 = 7994,8 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Pada } Z_2 = 3 \text{ m}$$

$$\sigma_3 = \gamma \times h_3 \times K_a$$

$$= 1736 \times 3 \times 1 = 5214 \text{ kg/m}^2$$

Sehingga besarnya beban yang diterima dinding:

$$P_1 = \frac{(\sigma_1 + \sigma_2)}{2} \times h \times L$$

$$= \frac{(0 + 7994,8)}{2} \times 4,6 \times 9,05 = 166411 \text{ kg/m}^2$$

$$P_2 = \frac{(\sigma_2 + \sigma_3)}{2} \times h \times L$$

$$= \frac{(7994,8 + 5214)}{2} \times 3 \times 9,05 = 179309,46 \text{ kg/m}^2$$

$$M = \frac{2 \times 179309,46}{3} \times \frac{1 \times 3}{3} = 119539,64 \text{ kgm}$$

• Penulangan lentur

$$d = t - \text{decking} - 0,5D$$

$$= 400 - 40 - 0,5(16) = 352 \text{ mm}$$

$$M_u = 119539,64 \text{ kgm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,8} = \frac{119539,64}{0,8} = 149424,55 \text{ kgm}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{491} \left( \frac{600}{600 + 491} \right) = 0,024\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{maks} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,024 = 0,018\end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{491}{0,85 \times 30} = 19,254$$

$$R_n = \frac{M_n}{b x d^2} = \frac{149424,55 \times 9,81 \times 1000}{9050 \times 352^2} = 1,307 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}\rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19,254} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,254 \times 1,307}{491}} \right) = 0,0027\end{aligned}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{491} = 0,0028$$

$$\begin{aligned}\rho_{min} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f_{c'}}}{f_y} \\ &= \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{491} = 0,0027\end{aligned}$$

$\rho_{min}$  dipilih yang paling besar yaitu 0,0028

sehingga dipakai  $\rho = 0,0028$

$$\begin{aligned}A_{s \text{ min}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0028 \times 9050 \times 352 = 8710,69 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$A_{s \text{ tul}} = 0,25 \times 3,14 \times 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$n_{tul} = \frac{8710,69}{200,96} = 43 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak maks} = \frac{9050 - 2 \times 40}{43 - 1} = 208,6 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Dipasang satu lapis tulangan 43D16 dengan jarak 200 mm

- Penulangan bagi

$$\begin{aligned}A_{s \text{ min}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0027 \times 9050 \times 352 = 8384,115 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$A_{s \text{ tul}} = 0,25 \times 3,14 \times 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$n_{tul} = \frac{8384,115}{200,96} = 41,72 \approx 42 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak maks} = \frac{9050 - 2 \times 40}{41 - 1} = 110,24 \approx 100 \text{ mm}$$

Dipasang satu lapis tulangan 41D16 dengan jarak 100 mm

### 8.2.2 Penulangan Pelat Lantai Basement

Elevasi air tanah diasumsikan pada kondisi paling berbahaya, yaitu sama dengan permukaan tanah.

$$h = 7,6 \text{ m}$$

$$\gamma_w = 1 \text{ t/m}^3$$

$$t = 0,4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} d &= t - \text{decking} - 0,5D \\ &= 400 - 40 - 0,5(16) = 352 \end{aligned}$$

- Pembebanan pelat lantai basement

$$\begin{aligned} \sigma_h &= \gamma_w \times \text{tinggi basement} \\ &= 1000 \times 7,6 = 7600 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$q = 1,4 \times 7600 = 10640 \text{ kg/m}^2$$

$$L_x = 9,05 \text{ m}$$

$$L_y = 8,7 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{tx} &= 0,001 \times q \times L_y^2 \times 39 \\ &= 0,001 \times 10640 \times 8,7^2 \times 39 \\ &= 31327,79 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \times q \times L_x^2 \times 39 \\ &= 0,001 \times 10640 \times 9,05^2 \times 47,4 \\ &= 37820,61 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Penulangan lapangan

$$M_{lx} = 37820,61 \text{ kgm}$$

$$M_n = \frac{37820,61}{0,8} = 47275,76 \text{ kgm}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30 \left( \frac{600}{600 + 491} \right)}{491} = 0,024 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{maks} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,024 = 0,018 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{491}{0,85 \times 30} = 19,254$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{491} = 0,0028$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} \\ &= \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{491} = 0,0027\end{aligned}$$

$\rho_{\min}$  dipilih yang paling besar yaitu 0,0028

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{47275,76 \times 9,81 \times 1000}{1000 \times 352^2} = 3,74 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19,254} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,254 \times 3,74}{491}} \right) = 0,0082\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0082$$

$$\begin{aligned}A_{s \min} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0082 \times 1000 \times 352 = 2915,94 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$A_{s \text{ tul}} = 0,25 \times 3,14 \times 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_{s \text{ tul}} \times 1000}{A_{s \min}} = \frac{200,96 \times 1000}{2915,94} = 68,92 \approx 50 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan D16 – 50 mm

- Penulangan tumpuan

$$M_{tx} = 31327,78 \text{ kgm}$$

$$M_n = \frac{31327,78}{0,8} = 39159,73 \text{ kgm}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{491} \left( \frac{600}{600 + 491} \right) = 0,024\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{maks}} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,024 = 0,018\end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{491}{0,85 \times 30} = 19,254$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{491} = 0,0028$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c}}{f_y}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{31327,79 \times 9,81 \times 1000}{1000 \times 352^2} = 3,1 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19,254} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,254 \times 3,1}{491}} \right) = 0,0067 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0067$$

$$A_{s \text{ min}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0067 \times 1000 \times 352 = 2377,29 \text{ mm}^2$$

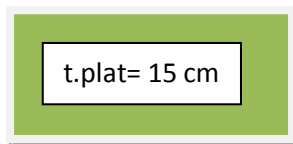
$$A_{s \text{ tul}} = 0,25 \times 3,14 \times 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_{s \text{ tul}} \times 1000}{A_{s \text{ min}}} = \frac{200,96 \times 1000}{2377,29} = 84,5 \approx 75 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan D16 – 75 mm

### 8.2.3 Perhitungan Plat basement

Perhitungan plat basement ini hanya untuk lantai satu karena lantai basement kedua sudah menggunakan poer.



$$L_y = 8.7/2 = 4,35 \text{ m}$$

$$L_x = 9,05 \text{ m}$$

a. Beban Mati :

$$\text{Berat sendiri pelat} = 15 \times 24 = 360 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{spesi} = 2 \times 21 = 42$$

$$\begin{aligned} \text{lantai} : 1 \times 24 &= 24 \\ &+ \\ &= 426 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Beban Hidup :  $400 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 q_d + 1,6 q_l \\ &= 1,2 (426) + 1,6 (400) \\ &= 1151 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$L_x/L_y = 9,05/4,35 = 2,08$$

$$\begin{aligned} M_{Lx} &= -M_{tx} = 0,001 \times q_u \times L_x^2 \times 39 \\ &= 0,001 \times 1151,2 \times (4,35)^2 \times 39 = 849,56 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Ly} &= -M_{ty} = 0,001 \times q_u \times L_x^2 \times 45,7 \\ &= 0,001 \times 1791 \times (4,35)^2 \times 45,7 = 1548,78 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tulangan arah x :

$$\begin{aligned} M_{ux} &= 1548,78 \text{ kgm} \\ &= 1548,78 \times 10^4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$d_x = t - \text{decking} - 0,5D = 150 - 30 - 1/2 \times 13 = 113,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_{ux}}{\phi \times b \times d^2} = \frac{1548,78 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 113,5^2} = 1,5$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_u}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,68} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68 \times 1,5}{400}} \right) = 3,87 \cdot 10^{-3}$$

$$\rho_{\min} = 0,0018 \rightarrow \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min} \text{ dipakai } \rho_{\text{perlu}}$$

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \times d \times d_x$$

$$= 0,0038 \times 1000 \times 113,5 = 340 \text{ mm}^2$$



Dipakai D13-150 ( $A_s = 924 \text{ mm}^2$ )

Arah y dipasang sama dgn arah x

### 8.3. Perencanaan Pondasi

#### 8.3.1 Kriteria Desain

Kekuatan dan Dimensi Tiang

- Dipakai tiang pancang beton (*Concrete Pile*) dengan bentuk penampang bulat berongga (*Round Hollow*).
- Tiang pancang yang direncanakan adalah menggunakan alternatif jenis tiang dengan spesifikasi WIKA Pile sebagai berikut :

Diameter	: 600 mm
Tebal	: 100 mm
Type	: A1
Allowable axial	: 235,4 ton
Bending Momen crack	: 17 tm
Bending Momen ultimate	: 25,5 tm
(Sumber : PT. Wijaya Karya)	

### 8.4 Daya Dukung Tanah

#### 8.4.1 Daya dukung tanah tiang pancang tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah ( $Q_s$ ). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$Q_u = Q_p + Q_s.$$

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang.

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) dengan kedalaman 30 m.

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_p = q_p \cdot A_p$$

$$= (N_p \cdot K) \cdot A_p$$

$$= (15,3 \times 40) \cdot 0,283$$

$$= 173 \text{ ton}$$

Dimana:

$N_p$  = Harga rata-rata SPT di sekitar 4D di atas hingga 4D di bawah dasar tiang pondasi

$$= 15,28$$

$K$  = Koefisien karakteristik tanah

$$= 12 \text{ t/m}^2, \text{ untuk tanah lempung}$$

$$= 20 \text{ t/m}^2, \text{ untuk tanah lanau berlempung}$$

$$= 25 \text{ t/m}^2, \text{ untuk tanah lanau berpasir}$$

$$= 40 \text{ t/m}^2, \text{ untuk tanah pasir}$$

$$= 40 \text{ t/m}^2, \text{ untuk lempung sangat kaku (Poulos, H.G)}$$

$A_p$  = Luas penampang dasar tiang

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,6^2 = 0,2826 \text{ m}^2$$

$q_p$  = tegangan di ujungtiang

$$Q_s = q_s \cdot A_s$$

$$= \left( \frac{N_s}{3} + 1 \right) \cdot A_s$$

$$= \left( \frac{7,71}{3} + 1 \right) \cdot 52,78$$

$$= 188 \text{ ton}$$

Dimana :

$Q_s$  = tegangan akibat lekatan lateral dalam  $\text{t/m}^2$

$N_s$  = harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan

batasan :  $3 \leq N \leq 50$

$A_s$  = keliling x panjang tiang yang terbenam

$$= \pi \cdot 0,5 \cdot 23 = 33,912 \text{ m}^2$$

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$P_{\text{ijin 1 tiang}} = \frac{Qu}{SF} = \frac{(173+188)}{3}$$

$$= 120,42 \text{ ton (menentukan)}$$

Daya dukung ijin pondasi satu tiang diameter 60 cm berdasarkan mutu bahan adalah :

Diameter = 60 cm

$P_{\text{tiang wika}} = 235,4 \text{ ton (Class-A1, produksi PT.WIKA)}$

$P_{\text{ijin}} = 235,4 \text{ ton}$

Dimana:

SF = safety factor = 3

$N'$  = harga SPT di lapangan

$N$  = harga SPT setelah dikoreksi =  $15 + [(N' - 15)/2]$

#### 8.4.2 Daya dukung tanah tiang pancang kelompok

Dari analisa struktur SAP 2000 v14 didapat gaya-gaya dalam untuk satu gedung sebagai berikut :

$P = 35595918,7 \text{ kg}$

$M_{ux} = 707538545 \text{ kgm}$

$M_{uy} = 686232932 \text{ kgm}$

Dari analisa struktur SAP 2000 v14 pada kaki kolom didapat gaya-gaya dalam untuk satu tiang pancang sebagai berikut :

$P = 1548060.24 \text{ kg}$

$M_{ux} = 23230,21 \text{ kgm}$

$M_{uy} = 21711,97 \text{ kgm}$

Pada saat sebuah tiang merupakan bagian dari sebuah grup, daya dukungnya akan mengalami modifikasi karena pengaruh dari grup tiang tersebut. Modifikasi ini dibedakan menjadi 2 sebab yaitu :

1. Pengaruh grup pada saat pelaksanaan pemancangan tiang pondasi
2. Pengaruh grup akibat sebuah beban yang bekerja.

Jumlah tiang yang minimum yang diperlukan:

$$n = \frac{P_n}{P_{ijin}} = \frac{42914120,83}{120,42} = 378 \text{ tiang}$$

Untuk perhitungan daya dukung tiang pondasi grup harus dikalikan koefisien efisiensi.

$$Q_{\text{grup}} = Q_1 (1 \text{ tiang}) \cdot n \cdot C_e$$

$$C_e = 1 - \frac{\arctan(D/S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

Dimana :

$Q_{\text{grup}}$  = Daya dukung tiang pondasi grup

$Q_1$  1 tiang = Daya dukung 1 tiang pondasi

$n$  = Jumlah tiang pondasi dalam satu grup

$C_e$  = Koefisien efisiensi

$D$  = diameter tiang pancang = 60 cm

$S$  = jarak antar tiang pancang = 300 cm

$m$  = jumlah tiang pancang dalam 1 baris = 21

$n$  = jumlah baris tiang pancang = 18

Sehingga :

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{60}{220}\right)}{90^\circ} \left(2 - \frac{1}{21} - \frac{1}{18}\right) = 0,71$$

Maka :

$$\begin{aligned} Q_{1\text{group}} &= P_{ijin} \text{ 1 tiang} \times C_e \\ &= 120420 \times 0,71 \\ &= 85498,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

### 8.4.3 Beban-beban diatas tiang kelompok

Bila diatas tiang-tiang dalam kelompok yang disatukan oleh sebuah kepala tiang (poer) bekerja beban-beban vertikal (V), horizontal (H), dan momen (M), makabesarnya beban vertikalekivalen ( $P_v$ ) yang bekerja pada sebuah tiang adalah :

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \cdot x_{\max}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_{\max}}{\sum y^2}$$

Dimana:

$P_v$  = Beban vertikal ekivalen

V = Beban vertikal dari kolom

n = banyaknya tiang dalam group

$M_x$  = momen terhadap sumbu x

$M_y$  = momen terhadap sumbu y

$x_{\max}$  = absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

$y_{\max}$  = Ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

$\sum x^2$  = jumlah dari kuadrat absis tiap tiang terhadap garis netral group

$\sum y^2$  = jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang terhadap garis netral group

Nilai x dan y positif jika arahnya sama dengan arah e, dan negative bila berlawanan dengan arah e.

## 8.5. Perhitungan Pondasi

### 8.5.1. Daya Dukung Satu Tiang Pancang

Nilai daya dukung ini diambil dari nilai terkecil antara daya dukung bahan dan daya dukung tanah.

Daya dukung bahan :

Dari spesifikasi bahan tiang pancang (tabel spesifikasi WIKA),

didapat :  $\bar{P}_{\text{tiang}} = 235,4 \text{ ton}$

Daya dukung tanah :

$\bar{P}_{\text{tiang}} = 120,42 \text{ ton}$

Maka daya dukung satu tiang pondasi adalah 120,42 ton.

Perhitungan jarak tiang

Jarak antar tiang pancang direncanakan 220 cm

$1D \leq S \leq 2D$  dengan  $S$  = jarak tepi

$60 \leq S \leq 120$  dipakai  $S = 120$  cm

### 8.5.2 Perhitungan repartisi beban di atas tiang kelompok

$$P_i = \frac{\Sigma V}{n} \pm \frac{M_x \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \pm \frac{M_y \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2}$$

Analisa beban diatas tiang kelompok:

$$P_{\max} = \frac{35595918,7}{378} \pm \frac{525429,7}{1423,4} \pm \frac{396243,45}{2009,04} = 74999,87 \text{ kg}$$

Kontrol beban tetap

$$P_{\max} = 74999,87 \text{ kg} < Q_{\text{ijin}} = 85498,2 \text{ kg (OK)}$$

### 8.5.3 Perencanaan Poer

Poer direncanakan terhadap gaya geser pons pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur dengan data perencanaan sebagai berikut:

- $P_{\text{maks}}$  (1 tiang) = 120420 kg
- $P_u$  (kolom) = 1890649,16 kg
- Jumlah tiang pancang = 360 buah
- Dimensi *poer* = 48 x 39 x 1,25
- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 30 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) = 491 Mpa
- Diameter tulangan = 22 mm
- Selimut beton = 50 mm

### Kontrol geser pons

- Akibat kolom

Perencanaan geser *pons* pada *poer* tersebut berdasarkan ketentuan SNI 2847:2013 Pasal 11.11.2.1.

Kolom pedestal direncanakan berukuran 1200x1200 sehingga:

$$\beta = 1200/1200 = 1$$

$$d = 1250 - 50 - 0,5(22) = 1189 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} b_0 &= 2(b_k + d) + 2(h_k + d) \\ &= 2(1200 + 1189) + 2(1200 + 1189) = 9556 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk pondasi tapak non – prategang ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$\begin{aligned} V_{c1} &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c'} \times b_0 \times d \\ &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) 1\sqrt{30} \times 9556 \times 1189 \times 9,81 = 3235339 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= 0,083 \times \left( \frac{\alpha_s d}{b_0} \right) \lambda \sqrt{f'c'} \times b_0 \times d \\ &= 0,083 \times \left( \frac{40 \times 1189}{9556} + 2 \right) 1\sqrt{30} \times 9556 \times 1189 \times 9,81 \\ &= 3535355,28 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'c'} \times b_0 \times d \\ &= 0,333 \times 1 \times \sqrt{30} \times 9556 \times 1189 \times 9,81 \\ &= 2032974,18 \text{ kg (dipakai)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_c &= 0,75 \times 2032974,18 \\ &= 1524730,64 \geq 1472364.49 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Jadi ketebalan dan ukuran *poer* memenuhi syarat terhadap geser poer akibat kolom

- Akibat tiang pancang

$$\beta = 1$$

$$b_0 = \pi \times (600 \times 1189) = 5620,31 \text{ mm}$$

untuk pondasi tapak non – prategang ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$\begin{aligned} V_{c1} &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c'} \times b_0 \times d \\ &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) 1\sqrt{30} \times 5620,31 \times 1189 \times 9,81 \\ &= 1902847 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c2} &= 0,083 \times \left( \frac{\alpha_s d}{b_0} \right) \lambda \sqrt{f_{c'}} \times b_0 \times d \\
 &= 0,083 \times \left( \frac{40 \times 1189}{5620,31} + 2 \right) 1 \sqrt{30} \times 5620,31 \times 1189 \times 9,81 \\
 &= 2522014,94 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f_{c'}} \times b_0 \times d \\
 &= 0,333 \times 1 \times \sqrt{30} \times 5620,31 \times 1189 \times 9,81 \\
 &= 1195682,83 \text{ kg (dipakai)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset V_c &= 0,75 \times 1195682,83 \\
 &= 896762,12 \geq 120417 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

Jadi ketebalan dan ukuran *poer* memenuhi syarat terhadap geser pons akibat tiang pancang.

### **Penulangan poer**

Perhitungan gaya dalam pada *poer* didapat dengan teori mekanika statis tertentu.

Pembebanan *poer*:

Beban mati

$$\text{Beban sendiri} = 2400 \times 1,2 = 3000 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban uplift} = 1000 \times -7,6 = -7600 \text{ kg/m}^2$$

$$Q_d = -4600 \text{ kg/m}^2$$

$$Q_u = 1,4 \times q_D = -6440 \text{ kg/m}^2$$

### **Penulangan lentur arah X**

Momen yang bekerja

$$M_u = 0,001 \times -6440 \times 4,35^2 \times 39$$

$$= -4723,06 \text{ kgm} = -47230600 \text{ Nmm}$$

$$d = 1189 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{491}{0,85 \times 30} = 19,225$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{491} = 0,0028$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{491} = 0,0027$$



$\rho_{\min}$  dipilih yang paling besar yaitu = 0,0028

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{47230600}{3000 \times 1189^2} = 0,0011 \text{ Mpa}$$

$$P_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{19,225} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,225 \times 0,0011}{491}} \right) = 0,052 > \rho_{\min}$$

$$A_{s \min} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0028 \times 3000 \times 1189 = 10170,67 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ tul}} = 0,25 \times 3,14 \times 22^2 = 380,12$$

$$n_{\text{tul}} = \frac{10170,67}{380,12} = 26,76$$

$$\text{Jarak maks} = \frac{3000 - 2 \times 50}{26,76 - 1} = 112,6 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan lentur D22-100

### Penulangan Lentur Arah Y

Momen yang bekerja

$$M_u = 0,001 \times -6440 \times 4.35^2 \times 45.7$$

$$= -5524.45 \text{ kgm} = -55244500 \text{ Nmm}$$

$$d = 1 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{491}{0,85 \times 30} = 19,225$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{491} = 0,0028$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{491} = 0,0027$$

$\rho_{\min}$  dipilih yang paling besar yaitu = 0,0028

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{55244500}{3000 \times 1189^2} = 0,0013 \text{ Mpa}$$

$$P_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{19,225} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,225 \times 0,0013}{491}} \right) = 0,052 > \rho_{\min}$$

$$A_{s \min} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0028 \times 3000 \times 1189 = 10170,67 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ tul}} = 0,25 \times 3,14 \times 22^2 = 380,12$$

$$n_{\text{tul}} = \frac{10170,67}{380,12} = 26,76$$

$$\text{Jarak maks} = \frac{3000 - 2 \times 50}{26,76 - 1} = 112,6 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan lentur D22-100

### 8.5.4 Perencanaan Kolom Pedestal

Perencanaan gaya-gaya dalam kolom diperoleh dari Analisa SAP 2000 pada kolom lantai 1, adalah:

$$P_u = 1548060.24 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 17391.1 \text{ kg.m}$$

Data perencanaan kolom:

$$b = 1200 \text{ mm}$$

$$h = 1200 \text{ mm}$$

$$A_g = 1440000 \text{ mm}^2$$

Mutu bahan:

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 491 \text{ Mpa}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

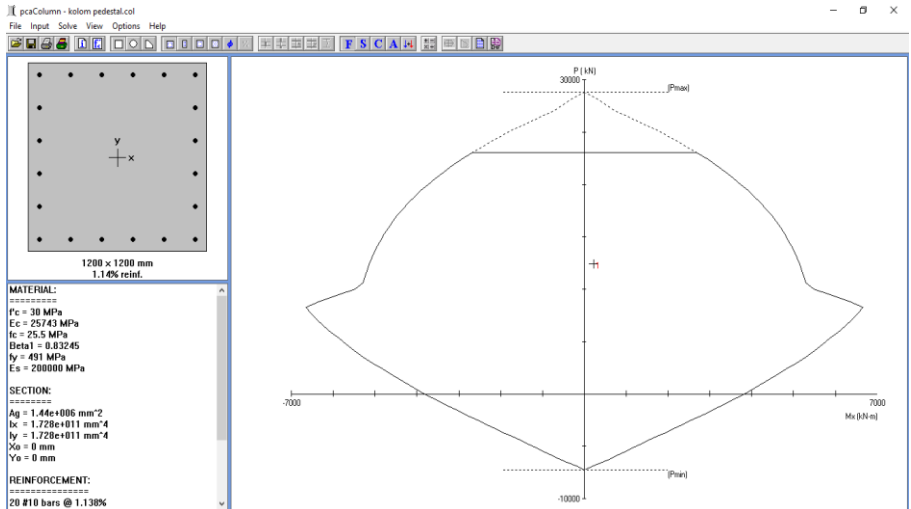
$$\text{Tulangan sengkang} = \emptyset 12$$

$$\text{Tulangan utama} = \emptyset 32 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi efektif} = 1200 - (50 + 12 + 0,6.25) = 1125,5 \text{ mm}$$

Penulangan lentur pada kolom

Dari PCACOL didapat nilai  $\rho = 1,14\%$



**Gambar 8.2** Hasil analisis kolom pedestal dengan PCACOL

$$A_s = 0,0014 \times 1200 \times 1125,5 = 15396,84 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 20D32,  $A_s = 16084,95 \text{ mm}^2$  dipasang merata 4 sisi.

#### Penulangan geser kolom

$$V_u = 7763,27 \text{ kg}$$

Kekuatan yang disumbangkan oleh beton:

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\ &= 0,17 \left( 1 + \frac{7763,27 \times 9,81}{14 \times 1200 \times 1200} \right) \lambda \sqrt{30} \times 1200 \times 1125,5 \\ &= 1262332,67 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 1262332,67 = 946749 \text{ kg} > V_u \text{ (tidak perlu tulangan geser)}$$

Jadi dipasang tulangan geser praktis Ø12-300, sengkang dua kaki

## **BAB IX PENUTUP**

### **9.1 Kesimpulan**

Dari hasil analisa dan perhitungan pada tugas akhir ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dilakukan perhitungan struktur sekunder terlebih dahulu seperti perhitungan tangga, pelat lantai, dan balok anak terhadap beban-beban yang bekerja baik beban mati, beban hidup maupun beban terpusat.
2. Dilakukan kontrol terhadap balok utama pada kondisi sebelum komposit dan kondisi setelah komposit. Kontrol yang dilakukan meliputi : kontrol lendutan, kontrol penampang (local buckling), kontrol lateral buckling dan kontrol geser.
3. Dilakukan kontrol kekuatan struktur kolom komposit yang meliputi kontrol luas minimum beton pada kolom komposit, perhitungan kuat tekan aksial kolom, perhitungan kuat lentur kolom, dan kontrol kombinasi aksial dan lentur.
4. *Rigid connection* digunakan untuk sambungan antara balok-kolom. *Simple connection* digunakan pada sambungan balok anak dengan balok induk.
5. Dimensi – dimensi dari struktu yang digunakan adalah sebagai berikut :
  - Dimensi kolom komposit :  
Profil : K 588 x 300 x 18 x 20 (Beton = 850x850)  
K 500x200x10x16 (Beton = 700x700)  
K 400x200x8x13 (Beton = 600x600)
  - Profil balok induk komposit:  
WF 450 x 350 x 11 x 18
  - Profil balok anak komposit:  
WF 300 x 300 x 9 x 14
  - Profil balok lift :  
Penggantung : WF 350 x 250 x 8 x 12

- Penumpu : WF 350 x 350 x 13 x 13
- Profil balok tangga :  
Utama : WF 250 x 125 x 5 x 8  
Penumpu : WF 250 x 175 x 7 x 11
  - Dimensi dinding geser dengan tebal dinding geser 40 cm
  - Tiang pancang diameter 60 cm dengan kedalaman 30 m

## 9.2 Saran

Perlu dilakukan studi yang lebih mendalam untuk menghasilkan perencanaan struktur dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan estetika. Sehingga diharapkan perencanaan dapat dilaksanakan mendekati kondisi sesungguhnya di lapangan dan hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan perencanaan yaitu kuat, ekonomi, dan tepat waktu dalam pelaksanaannya.

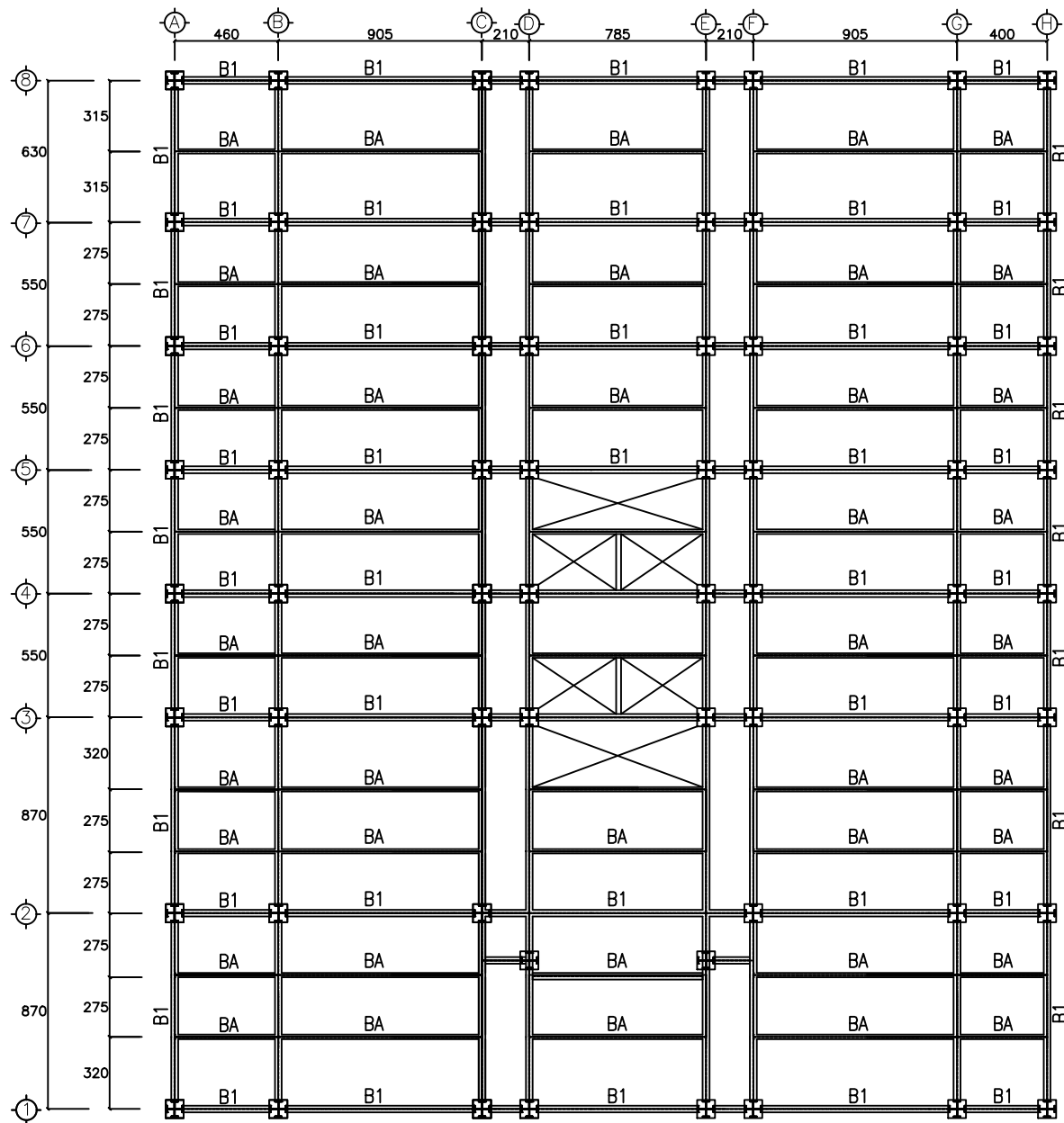
## **DAFTAR PUSTAKA**

- Amon, Rene., Bruce Knobloch., dan Atanu Mazumder. 1999. Perencanaan Konstruksi Baja Untuk Insinyur dan Arsitek 2. Jakarta : PT. Pradinya Paramita.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 1727:1989 Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung, Pedoman Perencanaan.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 1729:2015 Tata Cara Perhitungan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung.
- Standard Nasional Indonesia. 2013. “Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain SNI 1727:2013”. Badan Standarisasi Nasional.
- Gunawan, Ir, Rudy. 1990. Tabel Profil Konstruksi Baja. Yogyakarta : Penerbit Kanisius
- G. Salmon, Charles & John E. Johnson. 1991. Struktur Baja Desain Dan Prilaku Jilid 1 Edisi Kedua. Diterjemahkan oleh Ir. Wira M.S.CE. Jakarta : Erlangga
- ILT Learning. 2008. SAP2000 Versi 10. Jakarta : Elex Media Komputindo
- Marwan dan Isdarmanu. 2006. Buku Ajar: Struktur Baja I. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.  
“Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung Menggunakan LRFD”, Laboratotium Mekanika Struktur Pusat Penelitian Antar Universitas Bidang Ilmu Rekayasa Institut Teknologi Bandung, Bandung, Juli 2000

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

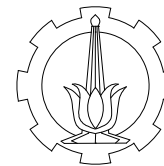
# LAMPIRAN





DENAH PEMBALOKAN LANTAI BASEMENT 2

1:300



PROGAM S-1  
JUSURAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
TOWER C APARTEMEN ASPEN ADMIRALTY  
JAKARTA SELATAN DENGAN MENGGUNAKAN  
BAJA-BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA ST., MT., Ph. D  
ENDAH WAHYUNI ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

YHONA YULIANA

NRP

(3113100069)

JUDUL GAMBAR

RENCANA BALOK BASEMENT 2

SKALA

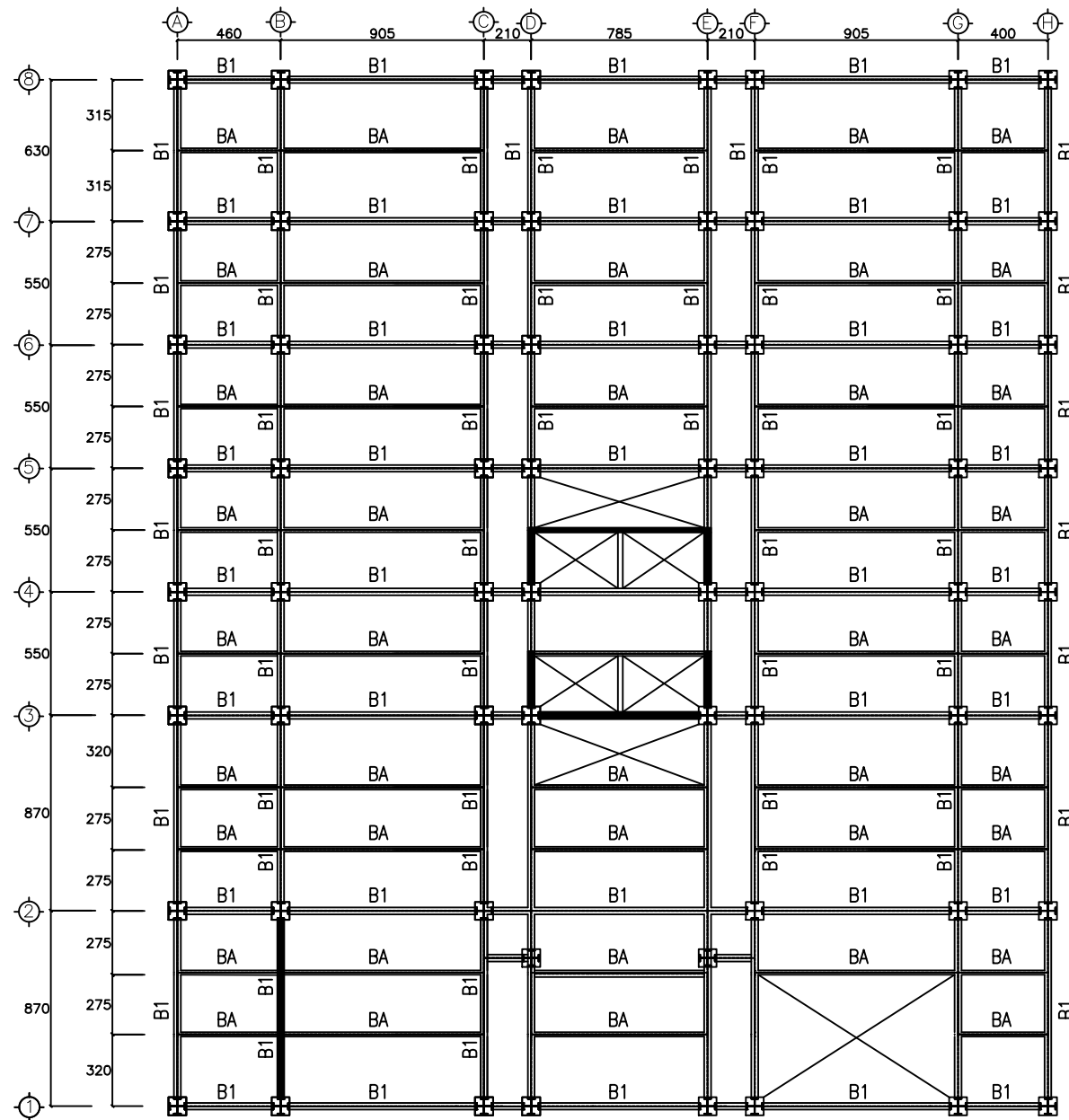
1:300

NO. GAMBAR

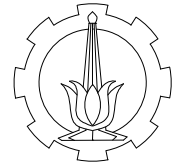
1

JUMLAH GAMBAR

19



 **DENAH PEMBALOKAN LANTAI BASEMENT 1**  
1:300



PROGAM S-1  
JUSURAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
TOWER C APARTEMEN ASPEN ADMIRALTY  
JAKARTA SELATAN DENGAN MENGGUNAKAN  
BAJA-BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA ST., MT., Ph. D  
ENDAH WAHYUNI ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

YHONA YULIANA

NRP

(3113100069)

JUDUL GAMBAR

RENCANA BALOK BASEMENT 1

SKALA

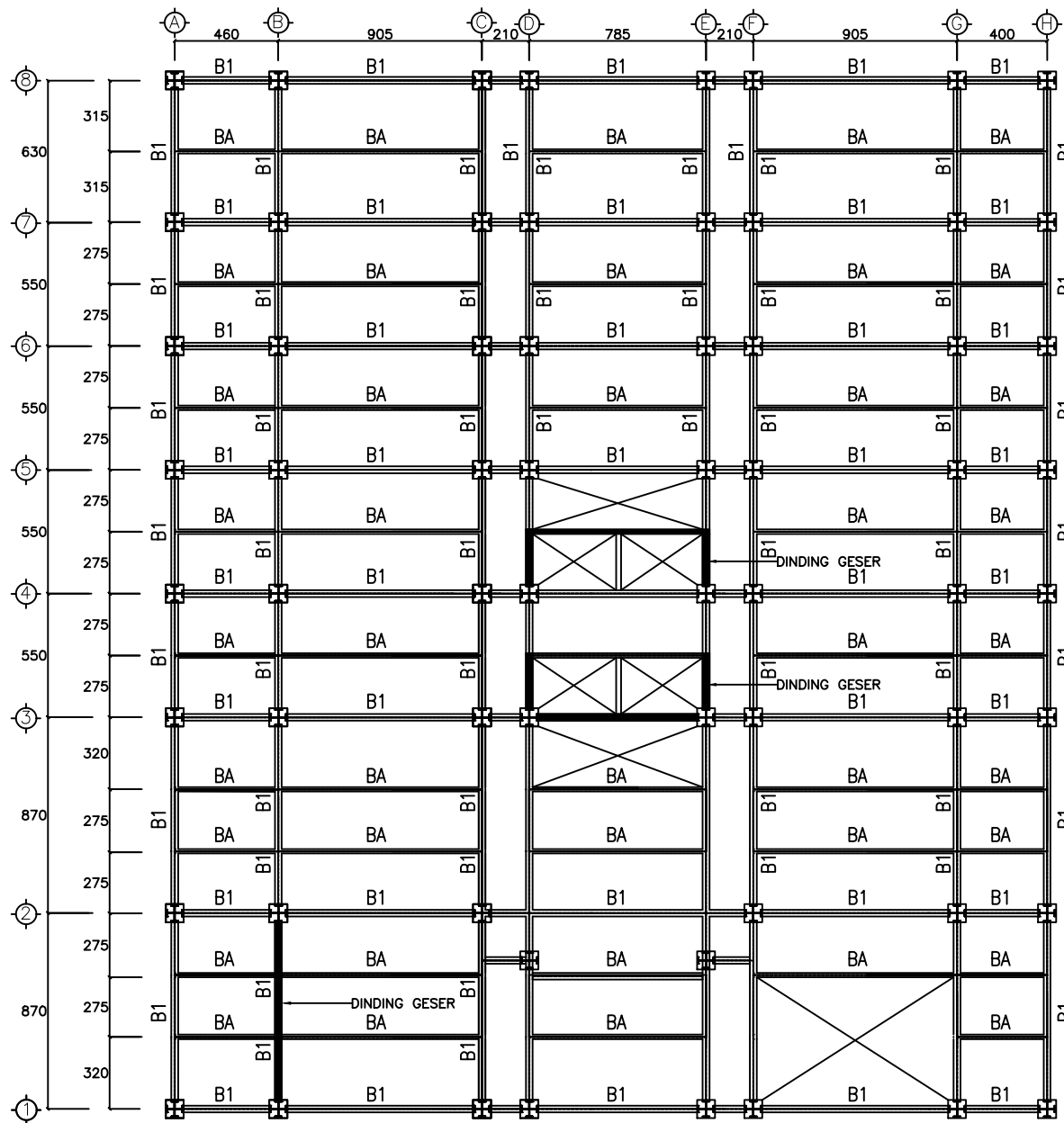
1:300


NO. GAMBAR

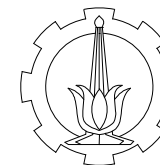
2

JUMLAH GAMBAR

19



 **DENAH PEMBALOKAN LANTAI 1**  
1:300



PROGAM S-1  
JUSURAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
TOWER C APARTEMEN ASPEN ADMIRALTY  
JAKARTA SELATAN DENGAN MENGGUNAKAN  
BAJA-BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA ST., MT., Ph. D  
ENDAH WAHYUNI ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

YHONA YULIANA

NRP

(3113100069)

JUDUL GAMBAR

RENCANA BALOK LANTAI 1

SKALA

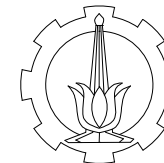
1:300

NO. GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

3

19



PROGAM S-1  
JUSURAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
TOWER C APARTEMEN ASPEN ADMIRALTY  
JAKARTA SELATAN DENGAN MENGGUNAKAN  
BAJA-BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA ST., MT., Ph. D  
ENDAH WAHYUNI ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

YHONA YULIANA

NRP

(3113100069)

JUDUL GAMBAR

RENCANA BALOK LANTAI 2-ATAP

SKALA

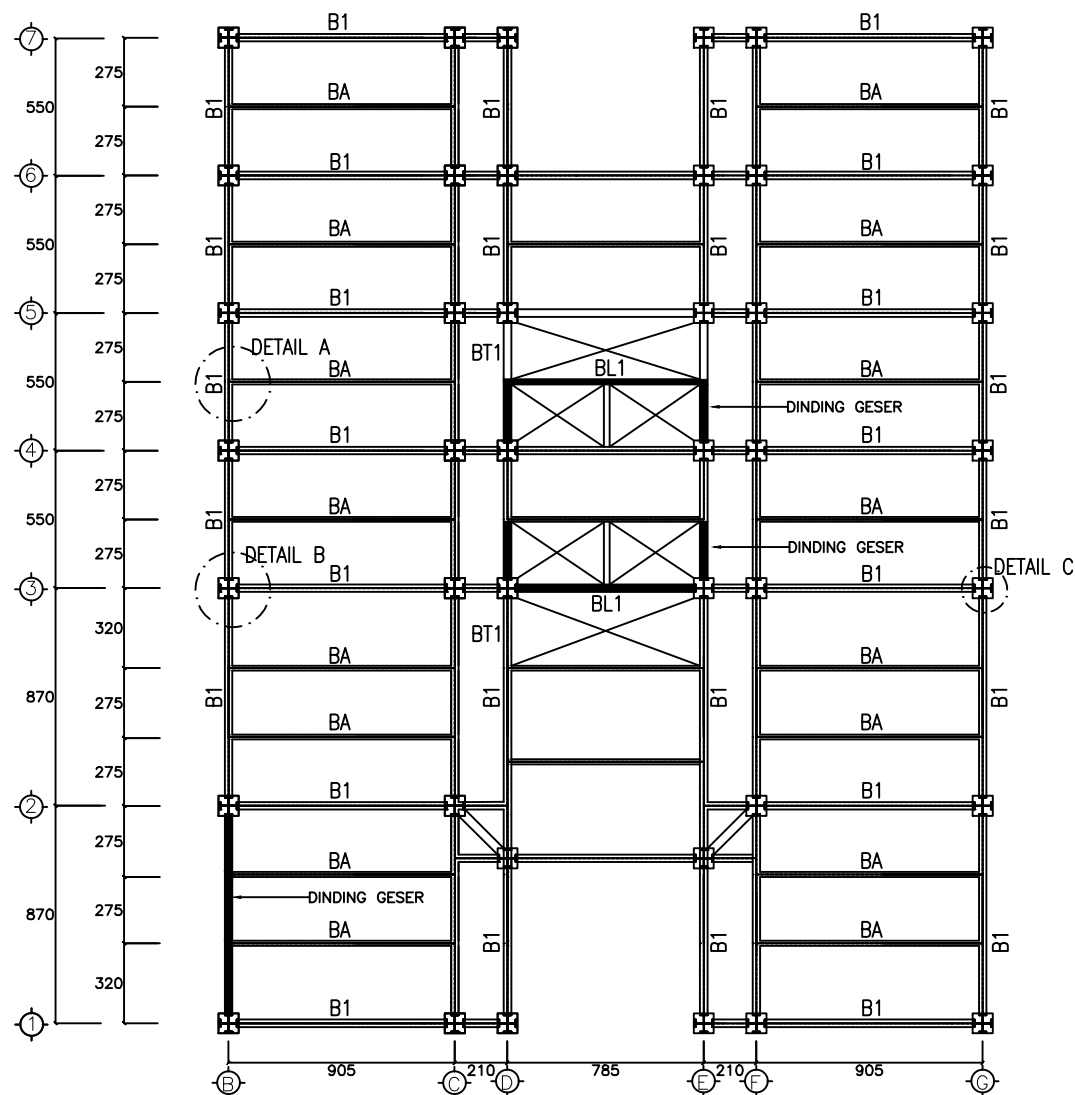
1:300

NO. GAMBAR

4

JUMLAH GAMBAR

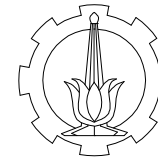
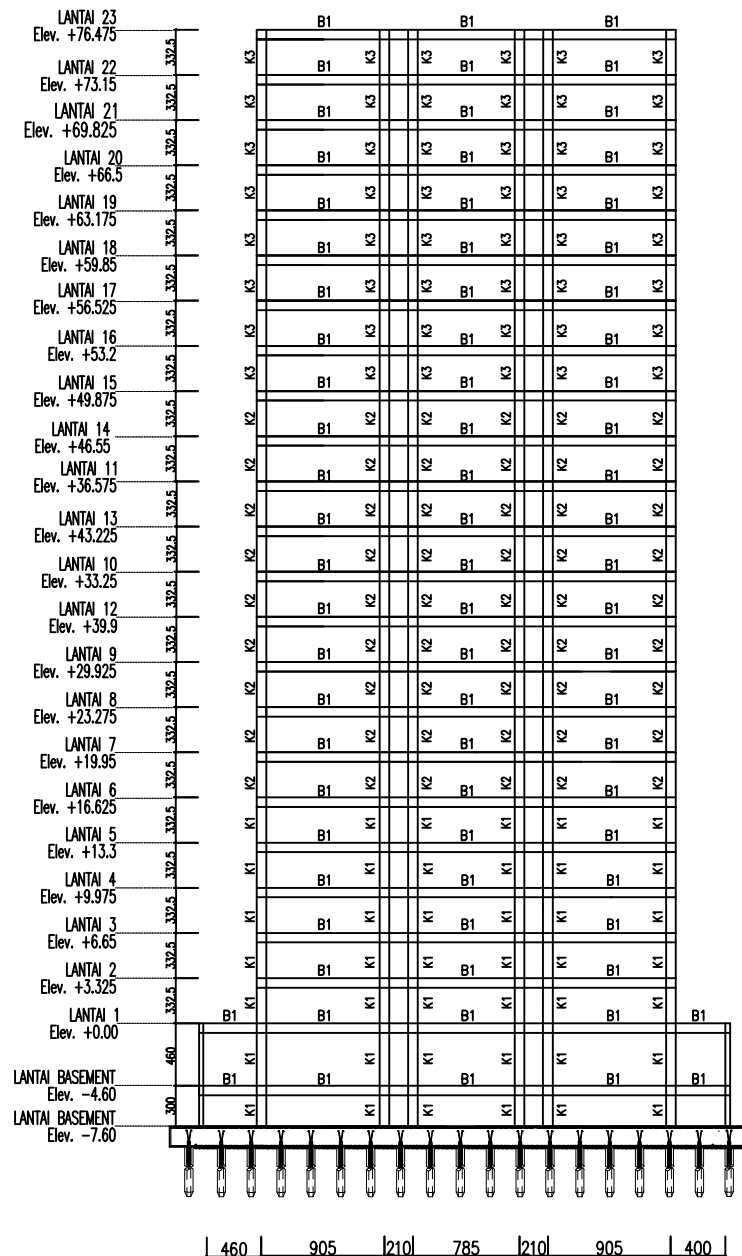
19



DENAH PEMBALOKAN LANTAI 2- ATAP

1:300

NO	TYPE	UKURAN PENAMPANG BALOK (mm)
1	B1	WF 450x300x11x18
2	BA1	WF 300x300x9x14
4	BL1	WF 350x250x8x12
5	BT1	WF 250x125x5x8



PROGAM S-1  
JUSURAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL  
STAR YOGYAKARTA MENGGUNAKAN BAJA-BETON  
KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA S.T., MT., Ph.D  
ENDAH WAHYUNI., ST., M. Sc., Ph.D

MAHASISWA

YHONA YULIANA

NRP

(3113100069)

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MELINTANG

SKALA

1:500

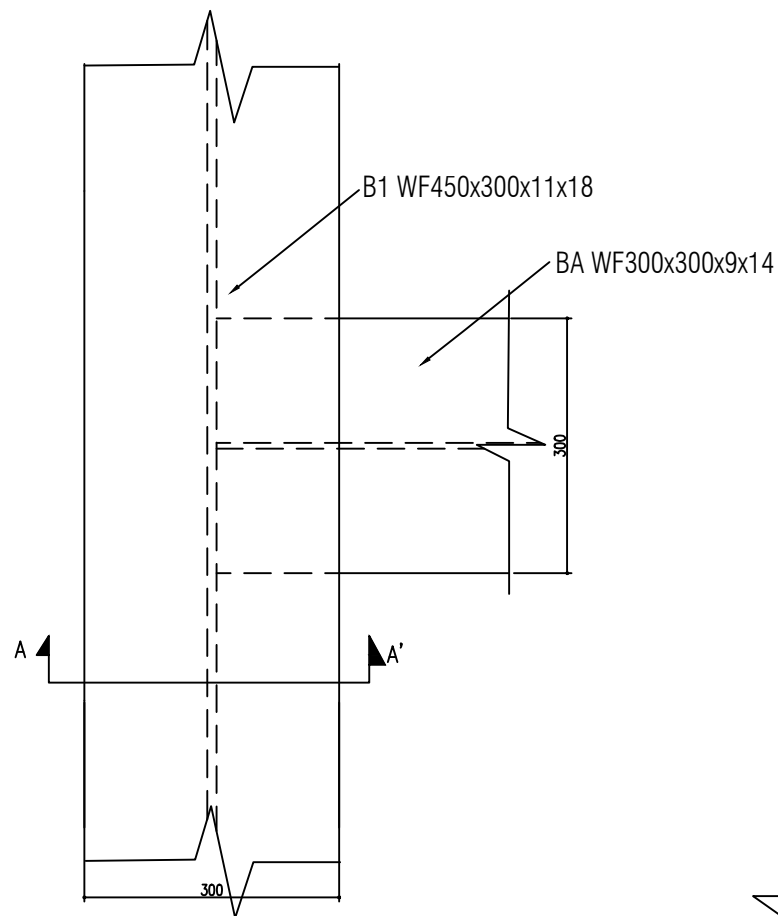
NO. GAMBAR

5

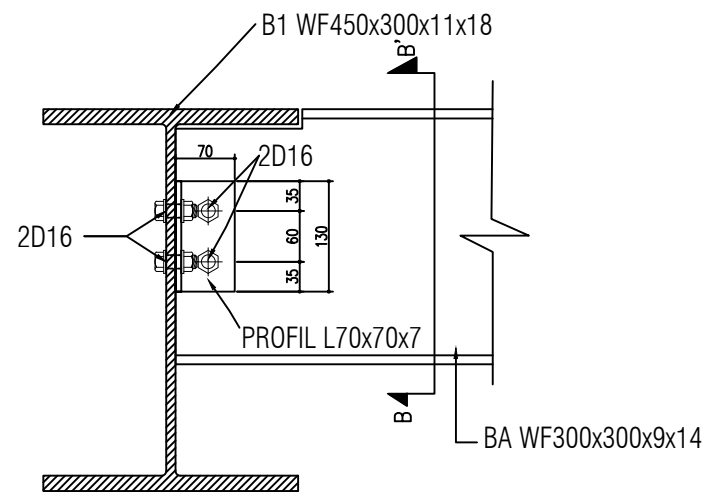
JUMLAH GAMBAR

19

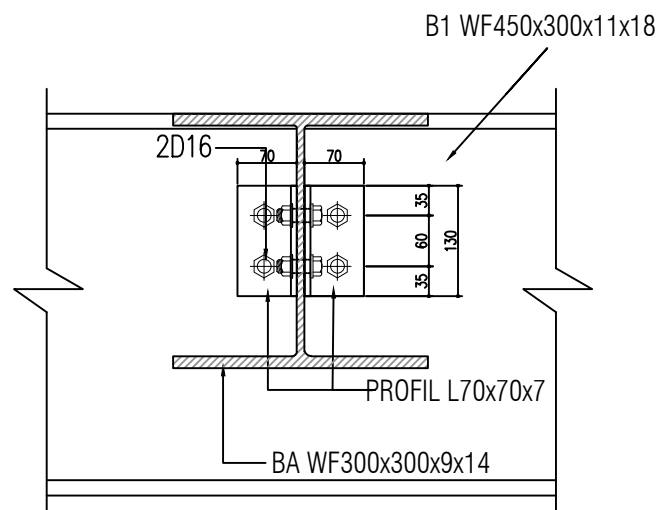




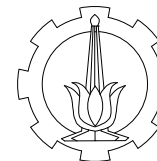
DETAIL A  
Skala 1 : 10



A-A'  
Skala 1 : 10



B-B'  
Skala 1 : 10



PROGAM S-1  
JUSURAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
TOWER C APARTEMEN ASPEN ADMIRALTY  
JAKARTA SELATAN DENGAN MENGGUNAKAN  
BAJA-BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA ST., MT., Ph. D  
ENDAH WAHYUNI ST., MS.c., Ph.D

MAHASISWA

YHONA YULIANA

NRP

(3113100069)

JUDUL GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN BALOK ANAK DENGAN B. INDUK

SKALA

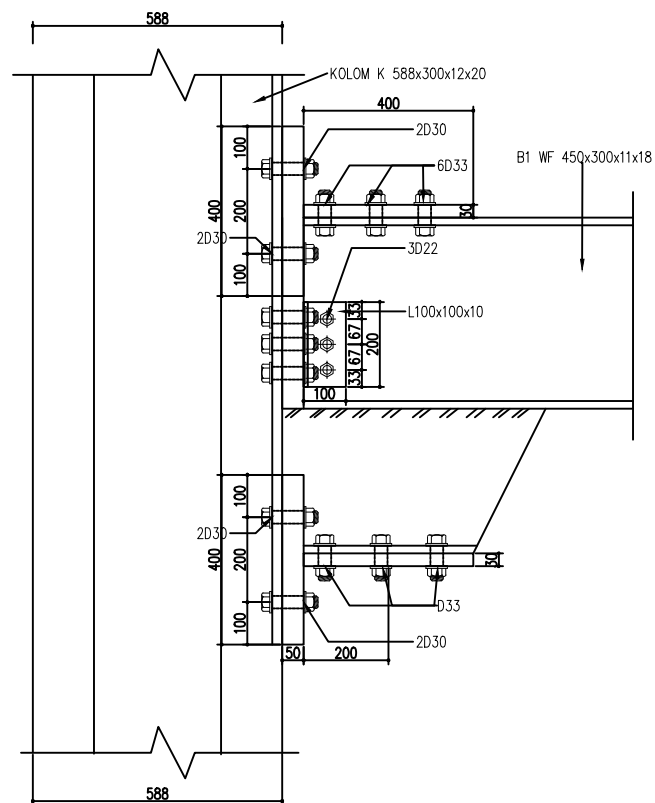
1:10

NO. GAMBAR

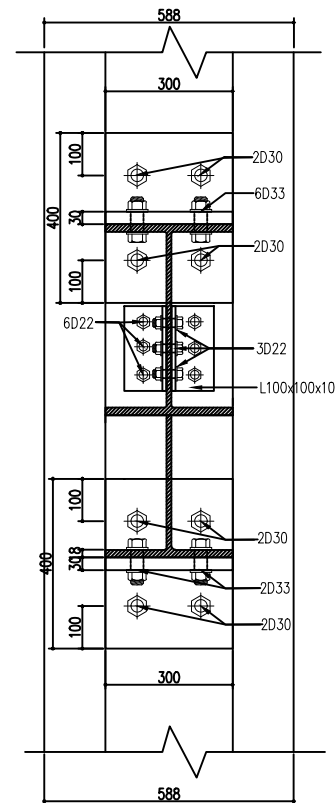
7

JUMLAH GAMBAR

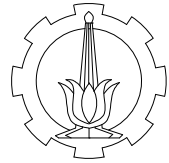
19



DETAIL B  
Skala 1 : 20



POT. A-A'  
Skala 1 : 20



PROGAM S-1  
JUSURAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
TOWER C APARTEMEN ASPEN ADMIRALTY  
JAKARTA SELATAN DENGAN MENGGUNAKAN  
BAJA-BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA ST., MT., Ph. D  
ENDAH WAHYUNI ST., MS.c., Ph.D

MAHASISWA

YHONA YULIANA

NRP

(3113100069)

JUDUL GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN BALOK INDUK  
DENGAN KOLOM

SKALA

1:20

NO. GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

8

19





PROGAM S-1  
JUSURAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
TOWER C APARTEMEN ASPEN ADMIRALTY  
JAKARTA SELATAN DENGAN MENGGUNAKAN  
BAJA-BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA ST., MT., Ph. D  
ENDAH WAHYUNI ST., MS.c., Ph.D

MAHASISWA

YHONA YULIANA

NRP

(3113100069)

JUDUL GAMBAR

DETAIL C SAMBUNGAN ANTAR KOLOM K1 KE K1

SKALA

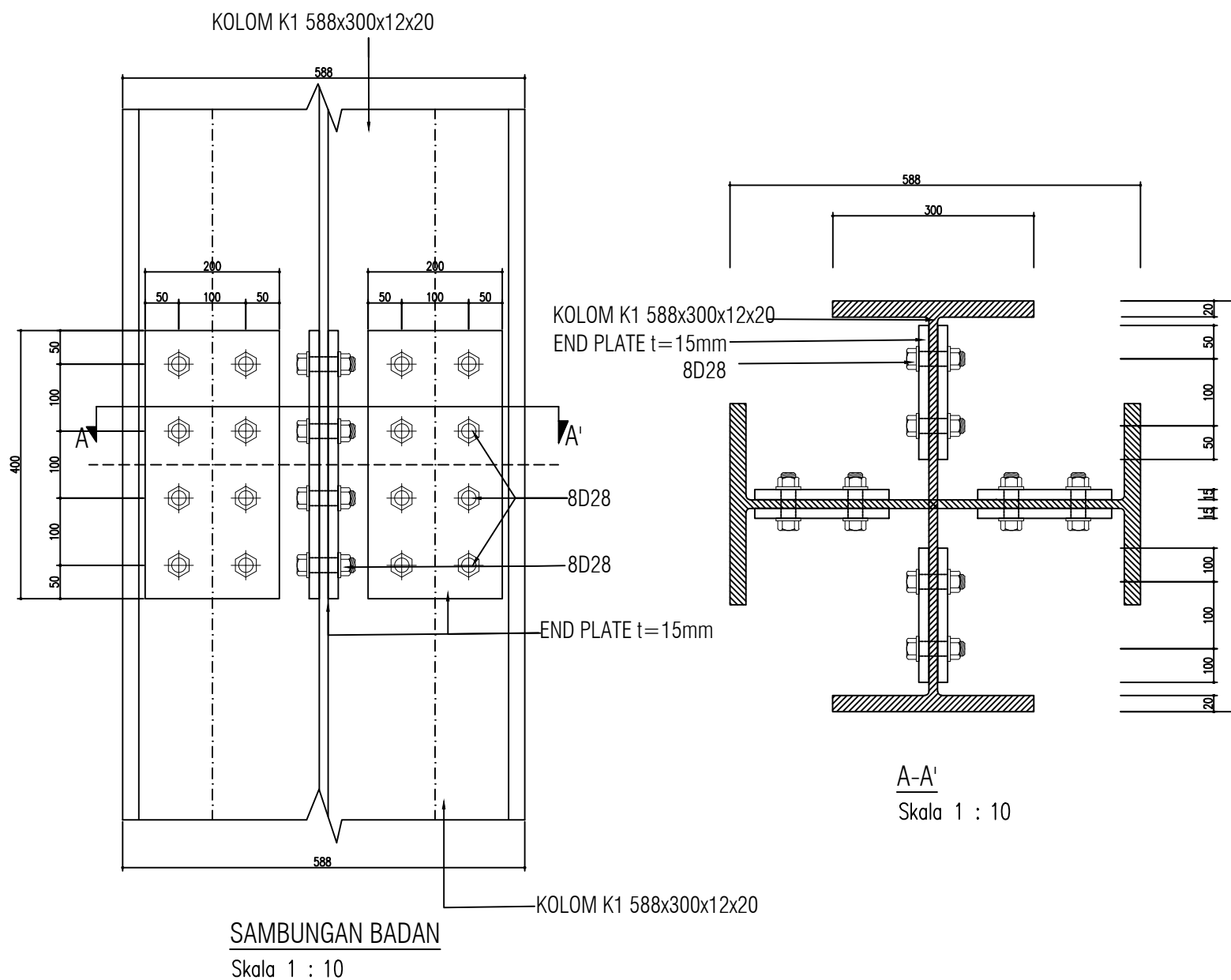
1:10

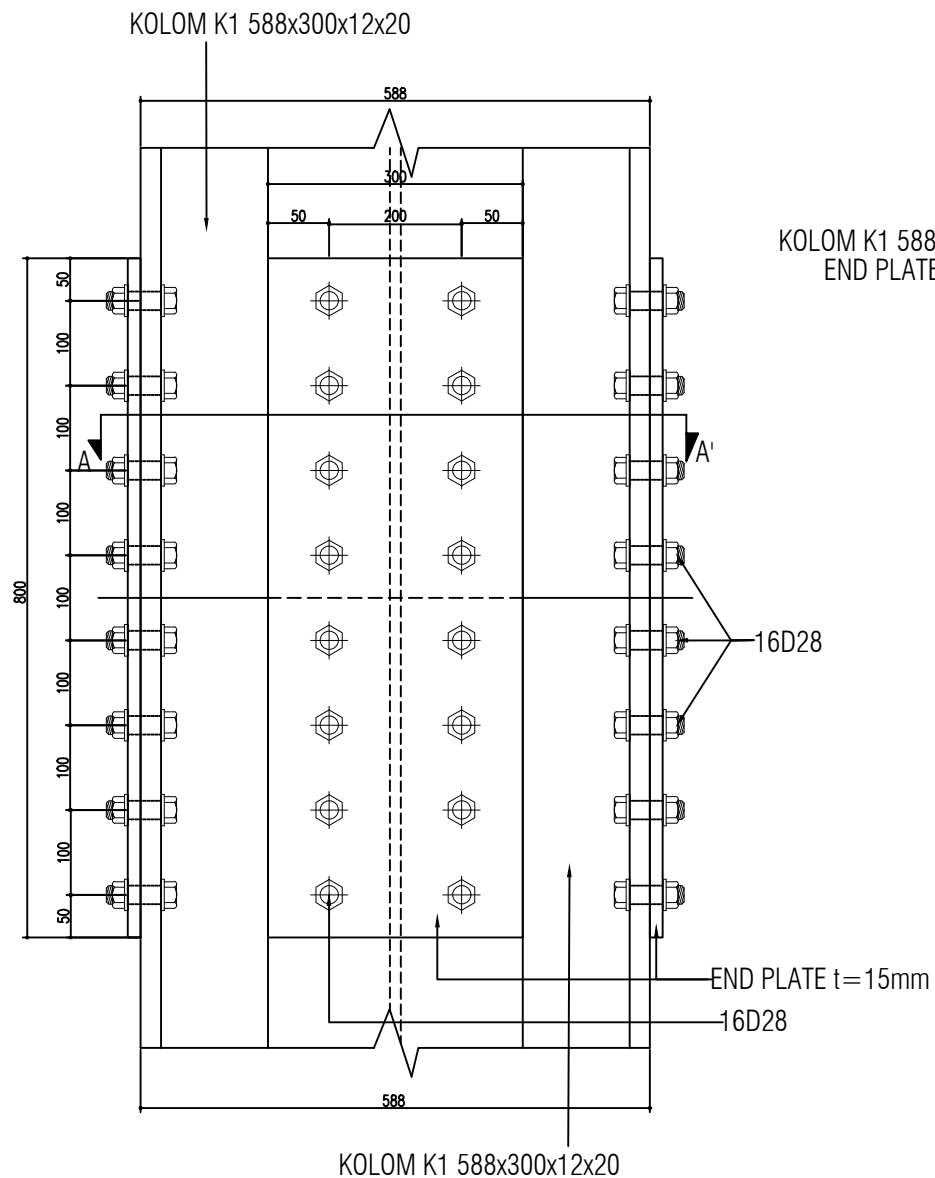
NO. GAMBAR

9

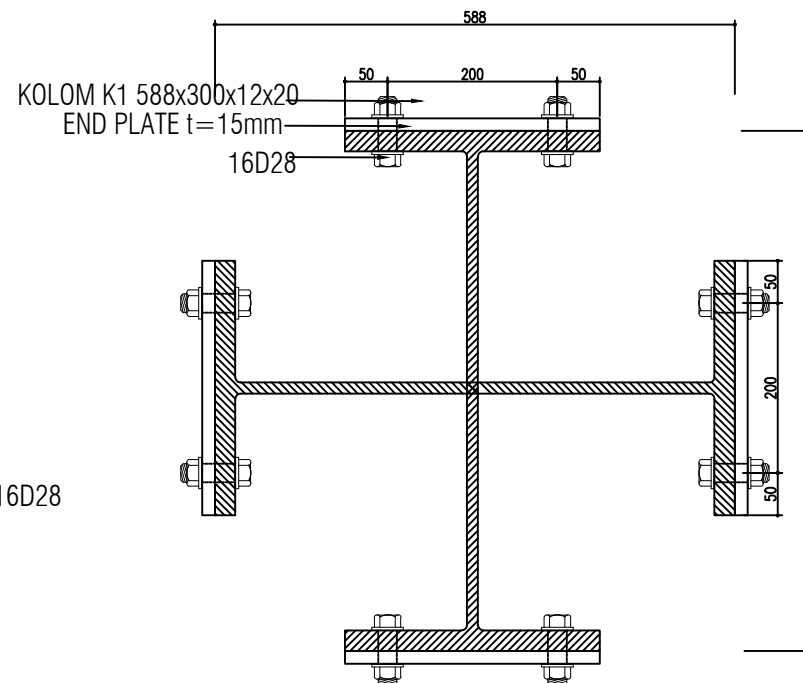
JUMLAH GAMBAR

19





SAMBUNGAN SAYAP  
Skala 1 : 10



A-A'  
Skala 1 : 10



PROGAM S-1  
JUSURAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
TOWER C APARTEMEN ASPEN ADMIRALTY  
JAKARTA SELATAN DENGAN MENGGUNAKAN  
BAJA-BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA ST., MT., Ph. D  
ENDAH WAHYUNI ST., MS.c., Ph.D

MAHASISWA

YHONA YULIANA

NRP

(3113100069)

JUDUL GAMBAR

DETAIL C SAMBUNGAN ANTAR KOLOM K1 KE K1

SKALA

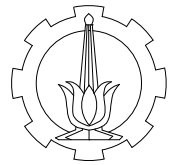
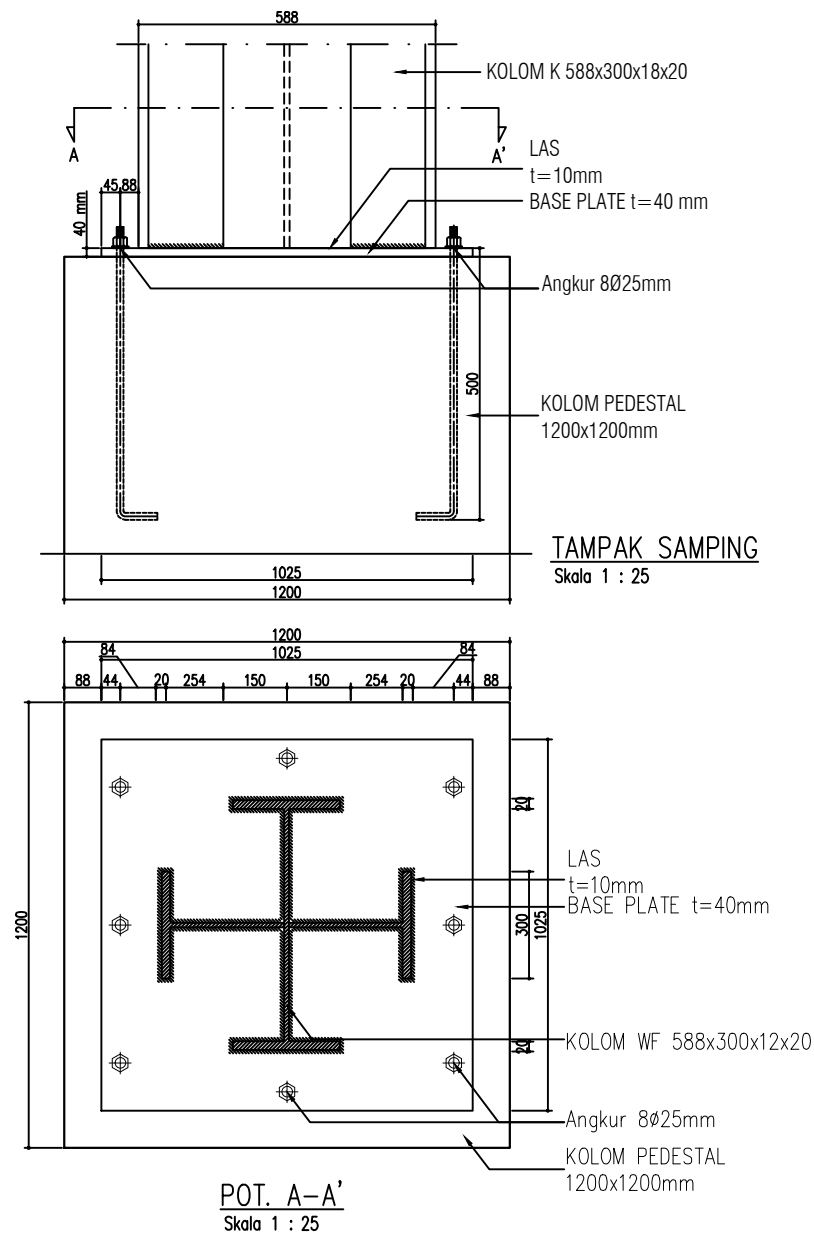
1:10

NO. GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

10

19



PROGAM S-1  
JUSURAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
TOWER C APARTEMEN ASPEN ADMIRALTY  
JAKARTA SELATAN DENGAN MENGGUNAKAN  
BAJA-BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA ST., MT., Ph. D  
ENDAH WAHYUNI ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

YHONA YULIANA

NRP

(3113100069)

JUDUL GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN ANTAR KOLOM

SKALA

1:25

NO. GAMBAR

11

JUMLAH GAMBAR

19



PROGAM S-1  
JUSURAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
TOWER C APARTEMEN ASPEN ADMIRALTY  
JAKARTA SELATAN DENGAN MENGGUNAKAN  
BAJA-BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA ST., MT., Ph. D  
ENDAH WAHYUNI ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

YHONA YULIANA

NRP

(3113100069)

JUDUL GAMBAR

DETAIL PLAT LANTAI

SKALA

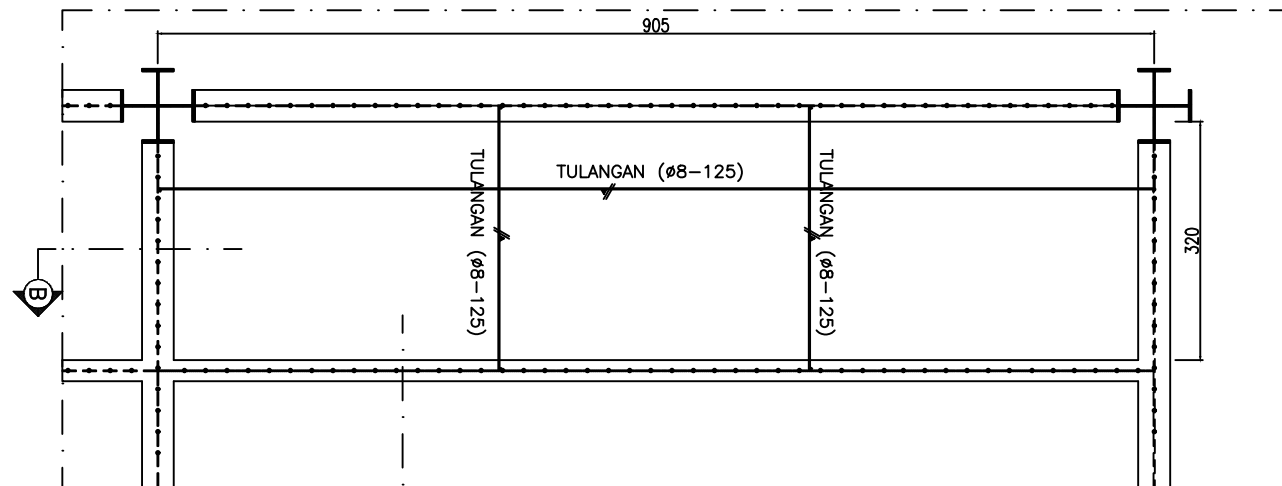
1:50

NO. GAMBAR

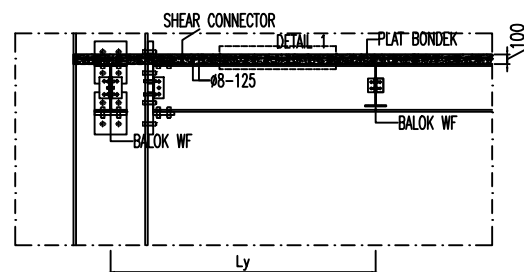
JUMLAH GAMBAR

12

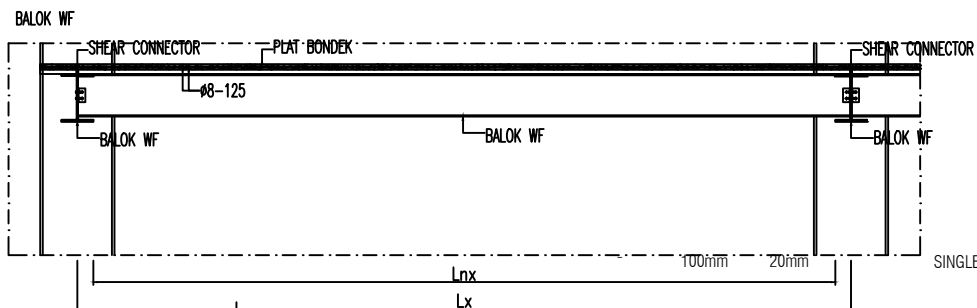
19



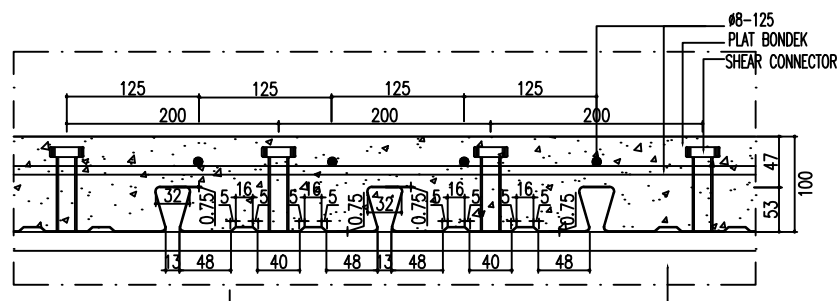
DETAIL PENULANGAN PLAT P1 (BONDEK)  
1:50



POT. A PENULANGAN PLAT P1 (BONDEK)  
1:50



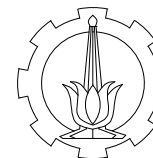
POT. B PENULANGAN PLAT P1 (BONDEK)  
1:50



DETAIL 1  
1:5

PENULANGAN PLAT LANTAI BONDEK  
LYSAGHT 0.75 BMT BONDEK

	TYPE	ARAH X	ARAH Y	SUSUT	TEBAL PELAT	DEKING	± ELV	TULANGAN
1	PL1	Ø8-125	Ø8-125				ALL ELV.	



PROGAM S-1  
JUSURAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
TOWER C APARTEMEN ASPEN ADMIRALTY  
JAKARTA SELATAN DENGAN MENGGUNAKAN  
BAJA-BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA ST., MT., Ph. D  
ENDAH WAHYUNI ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

YHONA YULIANA

NRP

(3113100069)

JUDUL GAMBAR

DENAH TANGGA  
PEMBALOKAN TANGGA

SKALA

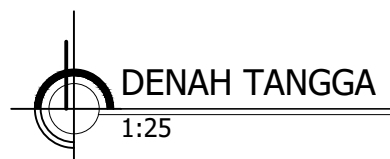
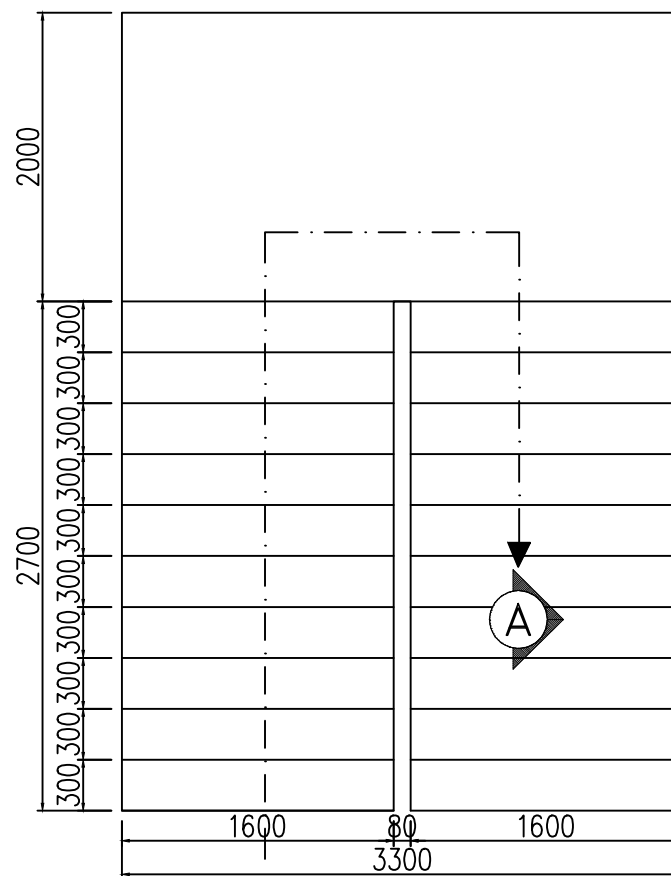
1:25

NO. GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

13

19





MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
TOWER C APARTEMEN ASPEN ADMIRALTY  
JAKARTA SELATAN DENGAN MENGGUNAKAN  
BAJA-BETON KOMPOSIT

DATA IRANATA ST., MT., Ph. D  
ENDAH WAHYUNI ST., MT., Ph.D

YHONA YULIANA

NRP

(3113100069)

JUDUL GAMBAR

DENAH TANGGA  
PEMBALOKAN TANGGA

SKALA

---

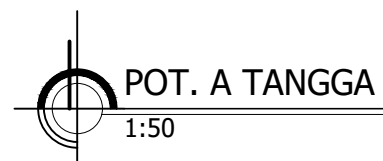
1:25

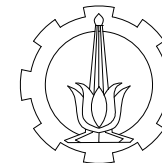
NO. GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

14

19





PROGAM S-1  
JUSURAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
TOWER C APARTEMEN ASPEN ADMIRALTY  
JAKARTA SELATAN DENGAN MENGGUNAKAN  
BAJA-BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA ST., MT., Ph. D  
ENDAH WAHYUNI ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

YHONA YULIANA

NRP

(3113100069)

JUDUL GAMBAR

RENCANA KOLOM LT. 01 s/d LT. 05

SKALA

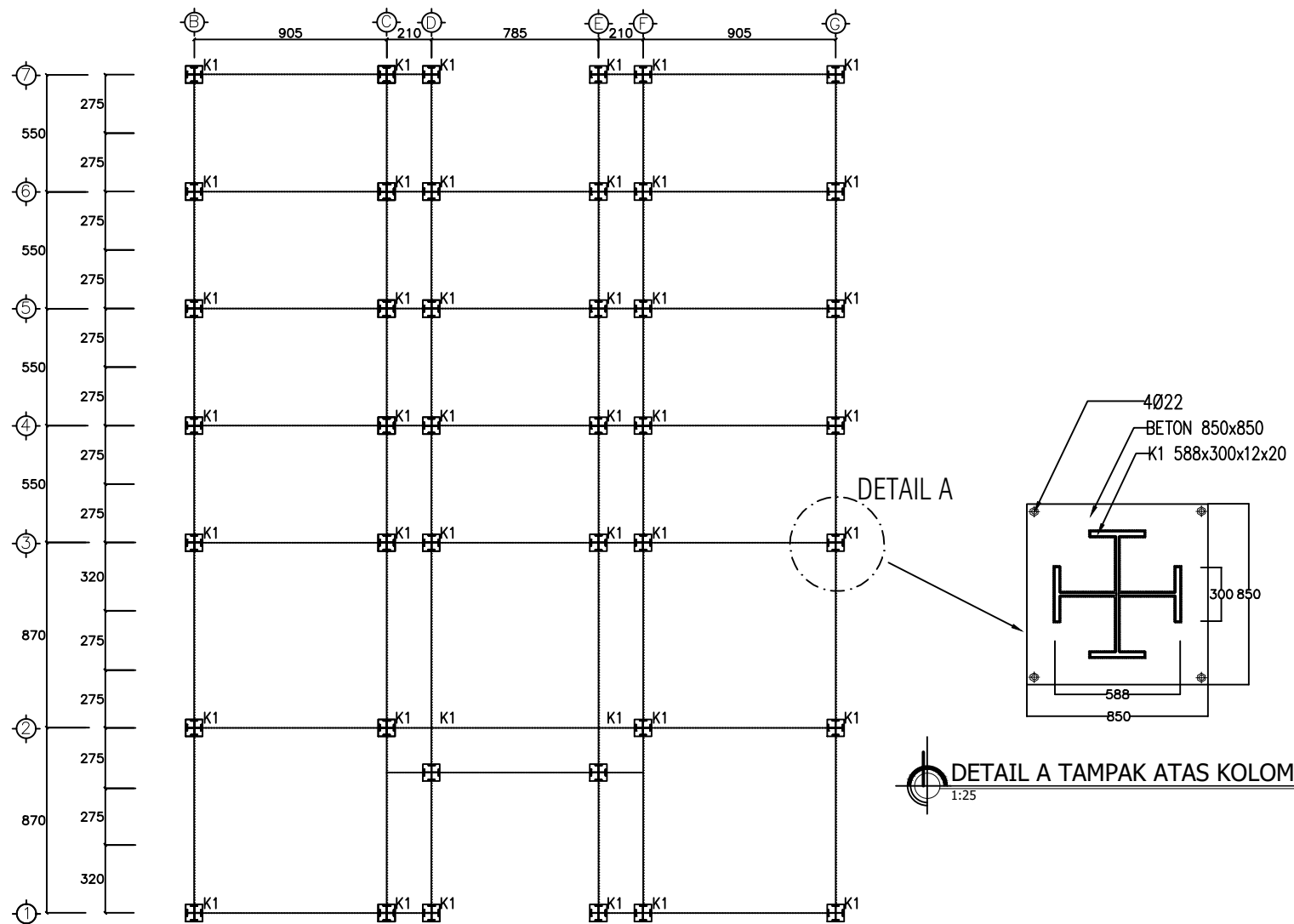
1:300

NO. GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

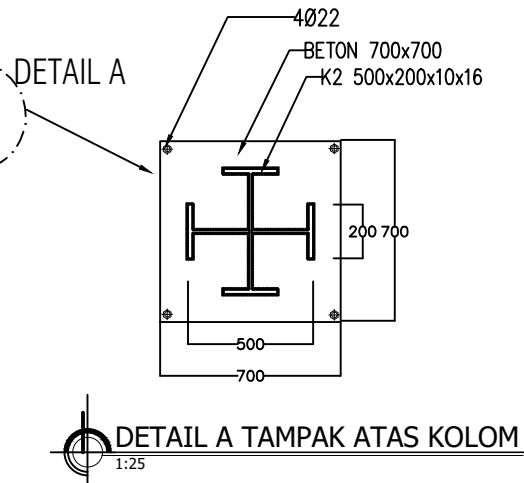
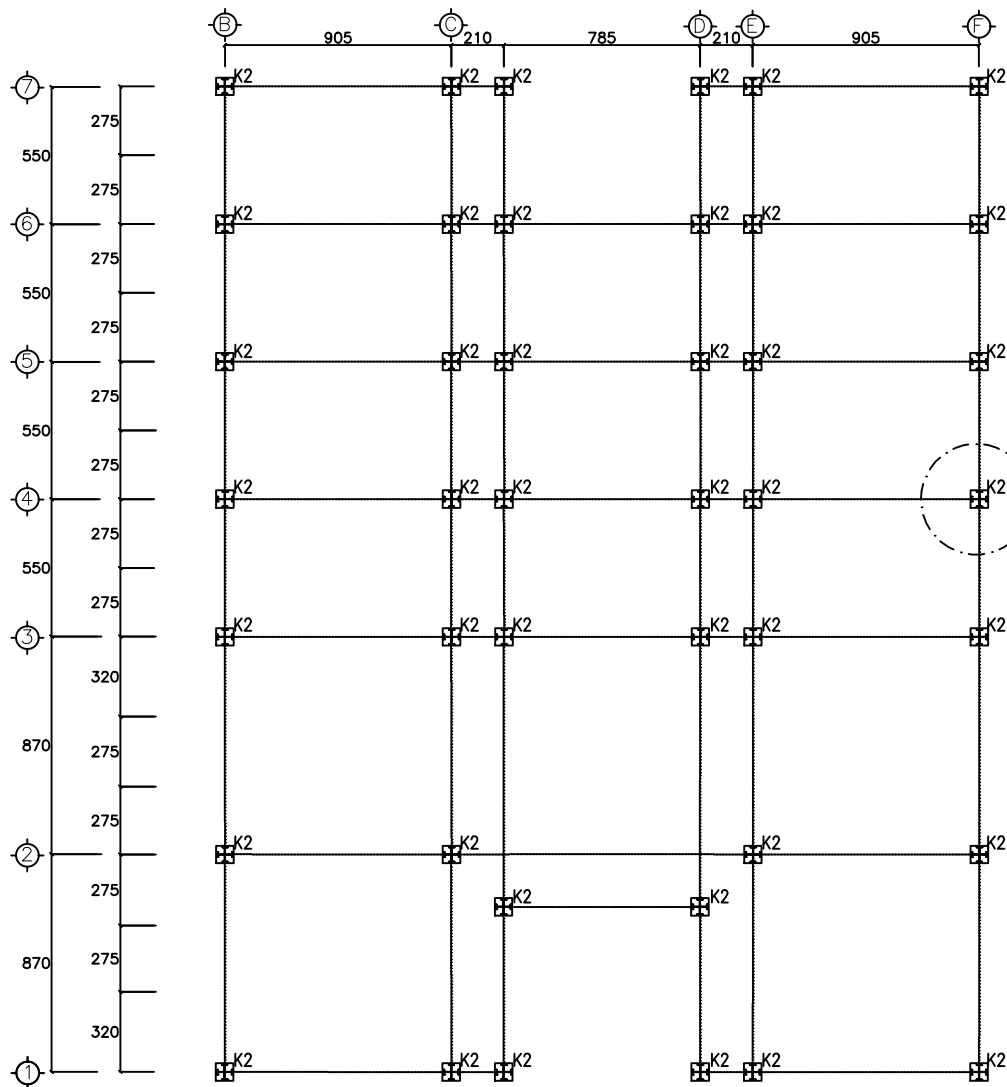
15

19



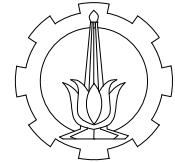
RENCANA KOLOM LT 1-5  
1:300

NO	TYPE	UKURAN PENAMPANG KOLOM (mm)
1	K1	WF 588x300x12x20



RENCANA KOLOM LT 6-15  
1:300

NO	TYPE	UKURAN PENAMPANG KOLOM (mm)
1	K2	WF 500x200x10x16



PROGAM S-1  
JUSURAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
TOWER C APARTEMEN ASPEN ADMIRALTY  
JAKARTA SELATAN DENGAN MENGGUNAKAN  
BAJA-BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA ST., MT., Ph. D  
ENDAH WAHYUNI ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

YHONA YULIANA

NRP

(3113100069)

JUDUL GAMBAR

RENCANA KOLOM LT. 06 s/d LT. 15

SKALA

1:300

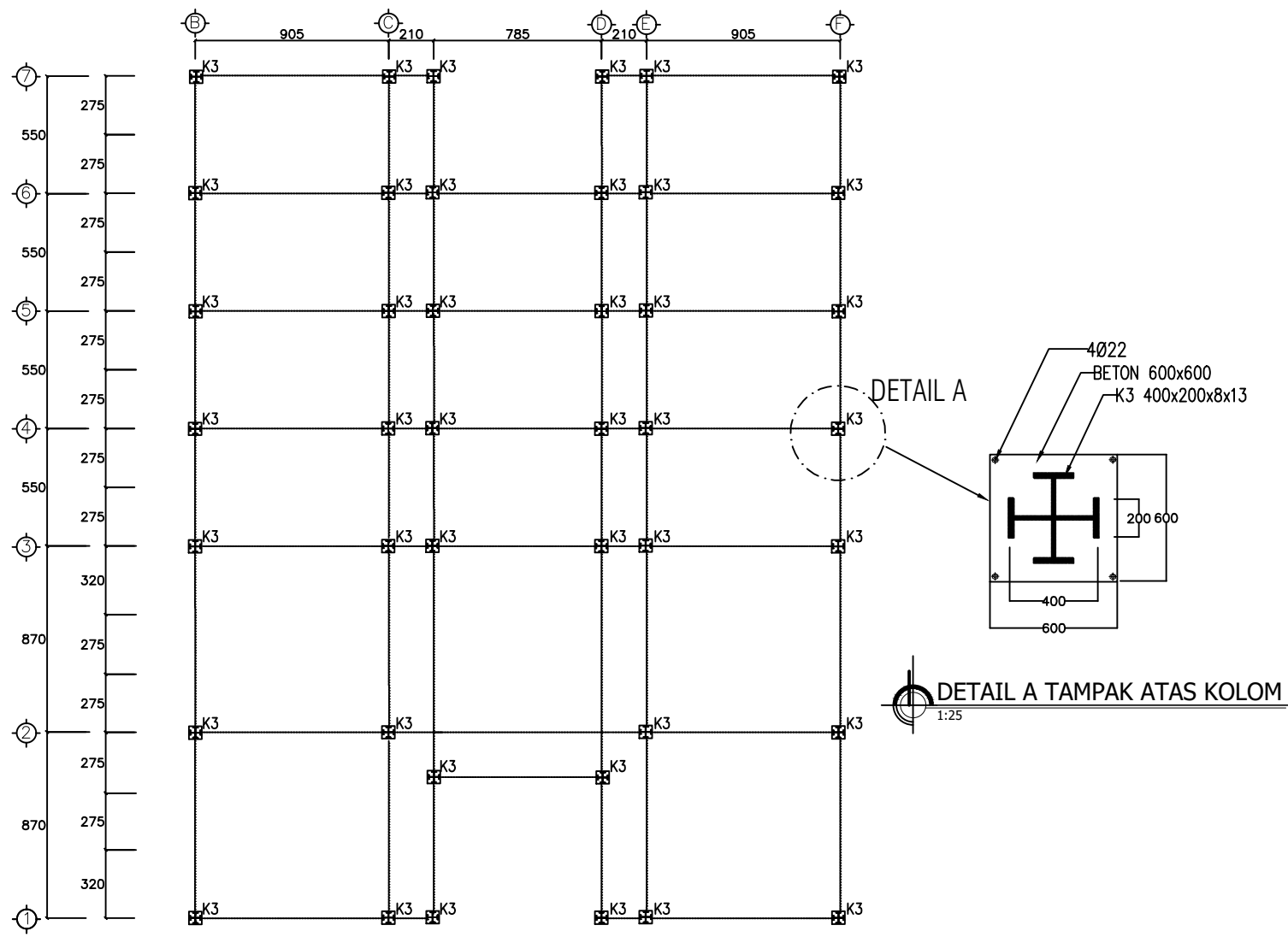
NO. GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

16

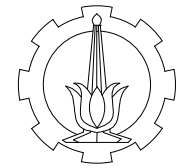
19






**RENCANA KOLOM LT 16-23**  
 1:300

NO	TYPE	UKURAN PENAMPANG KOLOM (mm)
	K3	WF 400x200x8x13



PROGRAM S-1  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FTSP-ITS

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
 TOWER C APARTEMEN ASPEN ADMIRALTY  
 JAKARTA SELATAN DENGAN MENGGUNAKAN  
 BAJA-BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA ST., MT., Ph. D  
 ENDAH WAHYUNI ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

YHONA YULIANA

NRP

(3113100069)

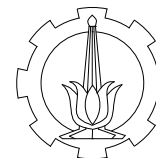
JUDUL GAMBAR

RENCANA KOLOM LT. 16 s/d LT. 23

SKALA

1:300

NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
17	19



PROGAM S-1  
JUSURAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
TOWER C APARTEMEN ASPEN ADMIRALTY  
JAKARTA SELATAN DENGAN MENGGUNAKAN  
BAJA-BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA ST., MT., Ph. D  
ENDAH WAHYUNI ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

YHONA YULIANA

NRP

(3113100069)

JUDUL GAMBAR

RENCANA DENAH PONDASI TIANG PANCANG

KETERANGAN

DIAMETER TIANG PANCANG 60 cm

SKALA

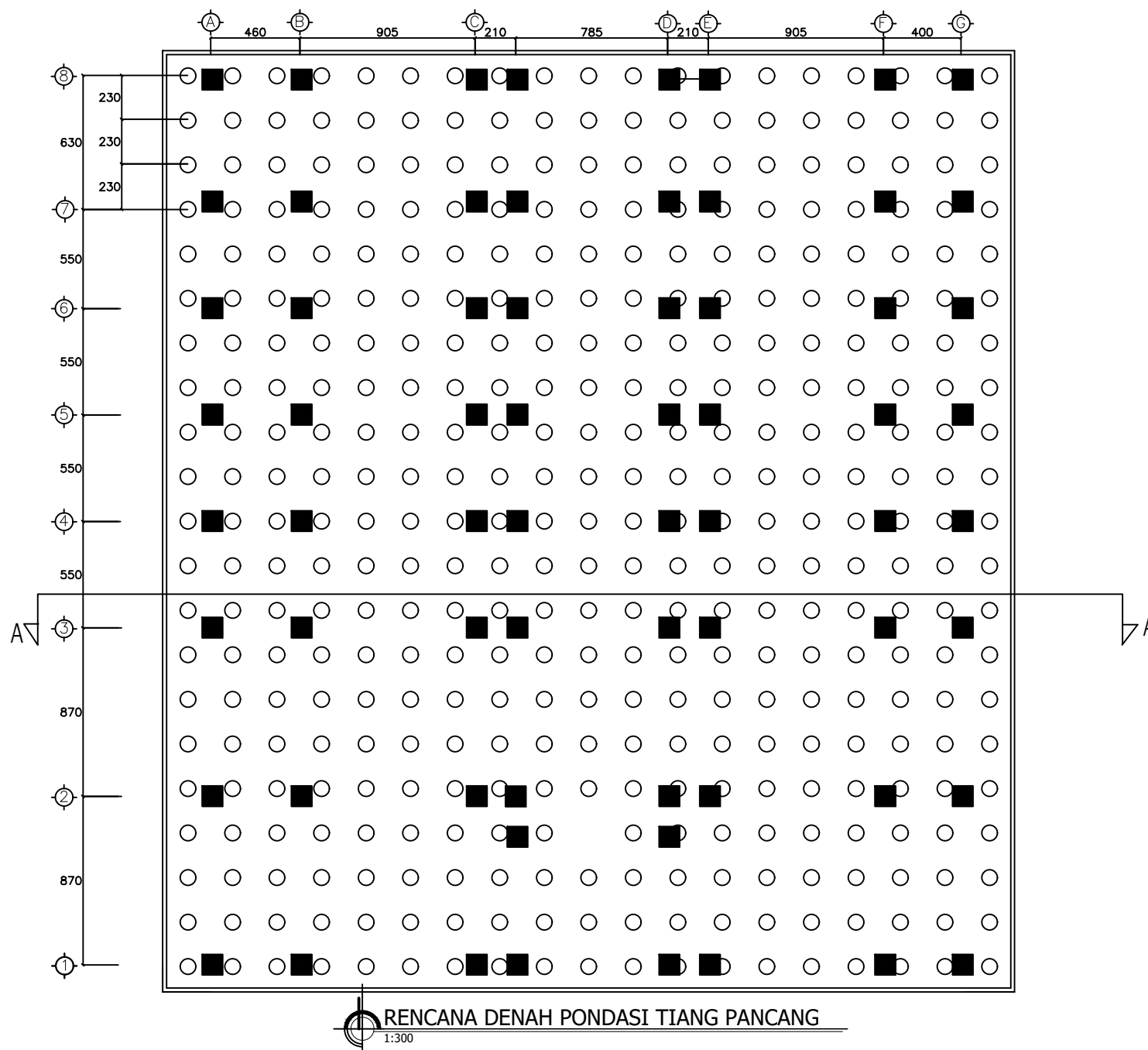
1:300

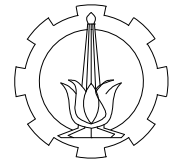
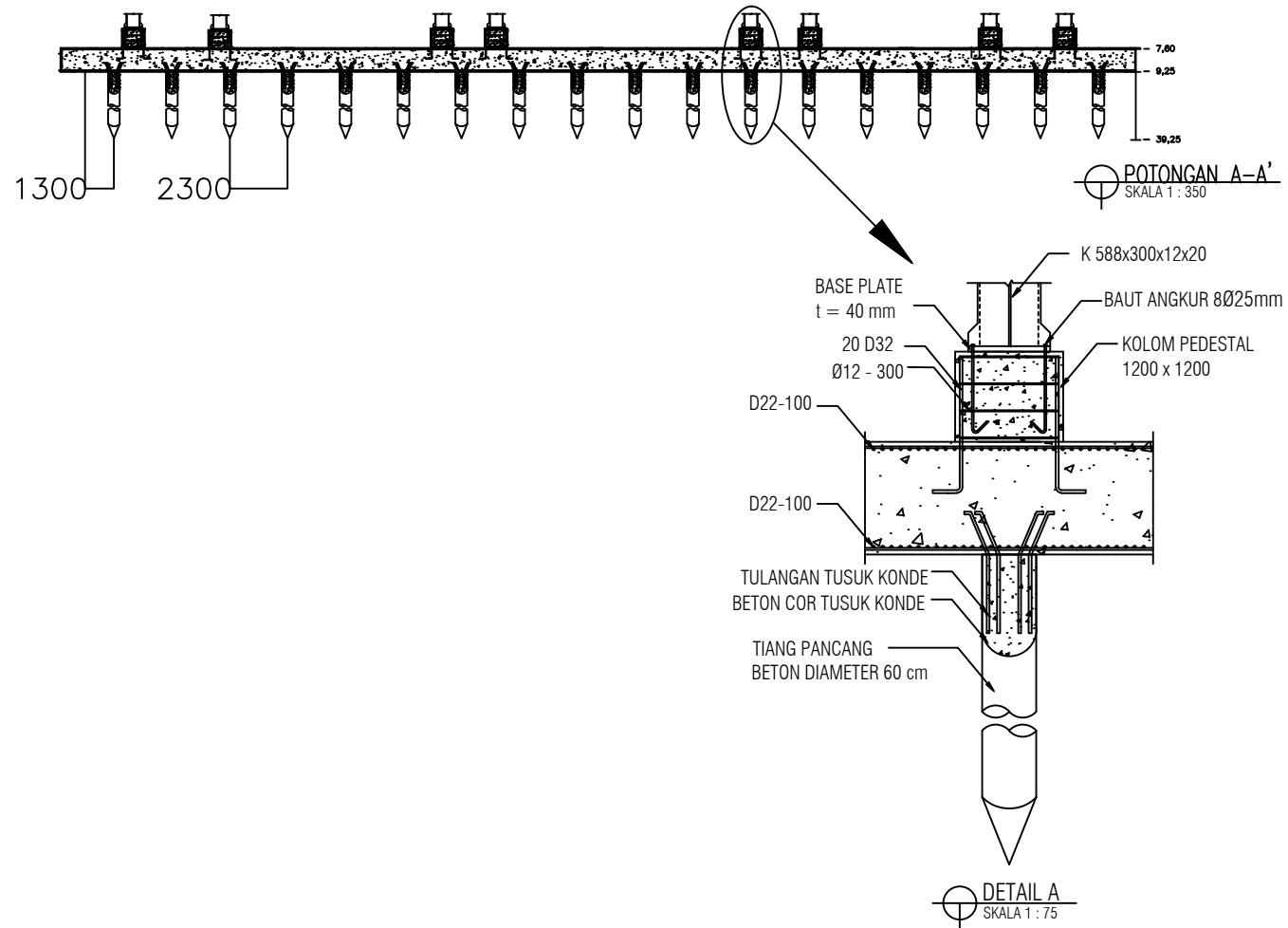
NO. GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

18

19





PROGAM S-1  
JUSURAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
TOWER C APARTEMEN ASPEN ADMIRALTY  
JAKARTA SELATAN DENGAN MENGGUNAKAN  
BAJA-BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA ST., MT., Ph. D  
ENDAH WAHYUNI ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

YHONA YULIANA

NRP

(3113100069)

JUDUL GAMBAR

DETAIL PONDASI

SKALA

1:75

NO. GAMBAR

JUMLAH GAMBAR


























19

19

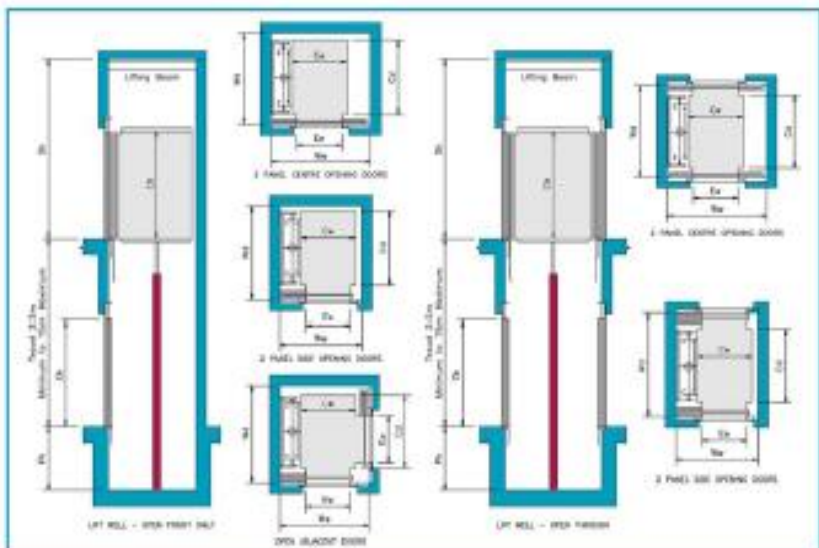


## DRILLING LOG

KLIENT	=	PT. PEMBANGKITAN JAWA BALI (PJB)	TIPE BOR	=	ROTARY DRILLING	Remarks.
NAMA PROYEK	=	PEMBANGUNAN CNG PLANT	TANGGAL MULAI	=	02 JANUARI 2013	UD = Undisturb Sample
TITIK BOR	=	BH-1	TANGGAL SELESAI	=	03 JANUARI 2013	CS = Core Sample
MUKA AIR TANAH	=	- 0.6 m	MASTER BOR	=	HARNO	SPT = SPT Test
LOKASI PROYEK	=	JL. PLTGU Muara Tawar no.1, Bekasi				

Scale in m	Elevation (LWS) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / CS		SPT TEST		Standard Penetration Test					N - Value				
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm								
														15 cm	15 cm	15 cm						
0.00	0.00	START OF BORING																				
1.00					LEMPUNG	COKLAT	MEDIUM TO STIFF	SPT = 8			-1.50											
2.00	-2.00				LEMPUNG BERKERIKIL						-2.00	 SPT 1	8	1	3	5	8					
3.00	-3.00				LEMPUNG BERLANAU BERPASIR	ABU-ABU	VERYSOFT TO SOFT	SPT = 2	-2.50	 UD 01	-3.00											
4.00	-4.00										-3.50											
5.00	-5.00										-4.00	 SPT 2	2	0	1	1	2					
6.00	-6.00				LANAU BERPASIR						-5.50											
7.00	-7.00										-6.00	 SPT 3	2	1	1	1	2					
8.00	-8.00										-7.50											
9.00	-9.00										-8.00	 SPT 4	2	1	1	1	2					
10.00	-10.00										-9.00	 UD 03										
11.00	-11.00					ABU-ABU	SOFT	SPT = 3 s/d 4			-9.50											
12.00	-12.00				LEMPUNG						-10.00	 SPT 5	3	1	1	2	3					
13.00	-13.00										-11.50											
14.00	-14.00										-12.00	 SPT 6	3	1	1	2	3					
15.00	-15.00										-13.50											
16.00	-16.00				LEMPUNG BERPASIR					MEDIUM	SPT = 7	-14.00	 SPT 7	4	1	2	2	4				
17.00	-17.00										-14.50											
18.00	-18.00				PASIR LANAU BERLEMPUNG					MEDIUM	SPT = 7	-15.00	 UD 05	-15.50								
19.00	-19.00					ABU-ABU KECOKLATAN	VERY STIFF	SPT = 16	-16.00	 SPT 8	7	2	3	4	7							
20.00	-20.00										-17.50											
21.00	-21.00										-18.00	 UD 06	-18.00	 SPT 9	16	4	6	10	16			
22.00	-22.00										-19.50											
23.00	-23.00										-20.00	 SPT 10	12	3	5	7	12					
24.00	-24.00								COKLAT TERANG	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 12 s/d 19	-20.50										
25.00	-25.00													-21.00	 UD 07	-21.50						
26.00	-26.00													-22.00	 SPT 11	19	5	8	11	19		
27.00	-27.00							-23.50														
28.00	-28.00							-24.00				 SPT 12	15	4	6	9	15					
29.00	-29.00							-25.50														
30.00	-30.00							-26.00				 SPT 13	19	5	8	11	19					
31.00	-31.00							-26.50														
32.00	-32.00					COKLAT	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 14 s/d 17	-27.00	 UD 09	-27.50											
33.00	-33.00										-28.00	 SPT 14	14	4	6	8	14					
34.00	-34.00										-29.50											
35.00	-35.00										-30.00	 SPT 15	17	4	7	10	17					
36.00	-36.00																					
37.00	-37.00																					
38.00	-38.00																					
39.00	-39.00																					
40.00	-40.00																					
41.00	-41.00																					
42.00	-42.00																					
43.00	-43.00																					
44.00	-44.00																					
45.00	-45.00																					
46.00	-46.00																					
47.00	-47.00																					
48.00	-48.00																					
49.00	-49.00																					
50.00	-50.00																					

## Lift Well and Door Configuration



### SPECIFICATIONS

RATED LOAD (kg)		500	630	800A	800B	1000A	1000B
NUMBER OF PASSENGERS		A	B	10	10	13	13
MAX SDA TRAVEL (m)		3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.6
MAX 2.1 TRAVEL (m)		15	15	15	15	15	15
CAR INTERNAL:							
Width (CW)		1020	1100	1140	1350	1180	1600
Depth (CD)		1250	1400	1650	1400	2100	1400
Height (CH)		2050	2050	2050	2050	2050	2050
PIT DEPTH (MINIMUM)		1100	1100	1100	1100	1100	1400
SHAFT HEADROOM		3400	3400	3400	3400	3400	3400
ENTRANCE HEIGHT		2000	2000	2000	2000	2000	2000
MACHINE ROOM							
Width		1500	1500	1600	1600	1600	1800
Depth		1650	1750	1750	1750	2450	1750
Height		2000	2000	2000	2000	2000	2000
TWO PANEL SIDE OPENING	800mm	WELL DEPTH (OF)	1650	1750	2080	1750	2450
		WELL DEPTH (OT)	1780	1930	2180	1930	2630
		WELL DEPTH (OA)	1700	1850	-	1850	2450
	1000mm	WELL DEPTH (OF)	1550	1650	1650	1900	1650
		WELL DEPTH (OT)	1690	1790	-	2040	-
		WELL DEPTH (OA)	-	1790	-	2040	-
TWO PANEL CENTRE OPENING	800mm	WELL DEPTH (OF)	1550	1700	1950	1700	2400
		WELL DEPTH (OT)	1600	1750	2000	1750	2450
		WELL DEPTH (OA)	-	-	-	-	-
	900mm	WELL DEPTH (OF)	1650	1850	1850	1900	1850
		WELL DEPTH (OT)	-	2000	2000	2000	2250
		WELL DEPTH (OA)	-	-	-	-	2450

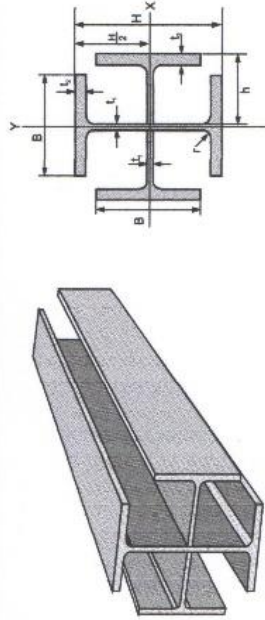
Note: All dimensions are shown in millimetres.

\* Other widths and options available, please contact Pickering's Lifts for more information.



PT. GUNUNG GARUDA  
Steel & Our Business

# KING CROSS



METRIC SIZE

STANDARD SECTIONAL DIMENSION										SECTIONAL AREA		UNIT WEIGHT	INFORMATIVE REFERENCE					
SECTION INDEX	DEPTH OF SECTION	FLANGE WIDTH		THICKNESS		CORNER RADIUS		A		kg/m	GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION			
		H	B	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>				I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	i <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>	Z <sub>x</sub>	Z <sub>y</sub>		
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>			cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>		
K 150 x 75	150	75	5.0	7	8			35.70	28.0	28.0	716	767	4.48	4.64	95.4	98.1		
K 200 x 100	200	100	5.5	8	11			54.32	42.6	42.6	1,974	2,065	6.03	6.21	197.4	203.9		
K 198 x 99	198	99	4.5	7	11			46.36	36.4	36.4	1,694	1,778	6.04	6.23	171.1	175.6		
K 250 x 125	250	125	6	9	12			75.32	59.2	59.2	4,344	4,567	7.59	7.79	347.5	356.9		
K 248 x 124	248	124	5	8	12			65.36	51.4	51.4	3,765	3,924	7.59	7.75	303.6	310.2		
K 300 x 150	300	150	6.5	9	13			93.56	73.4	73.4	7,718	8,073	9.08	9.29	514.5	526.9		
K 298 x 149	298	149	5.5	8	13			81.60	64.0	64.0	6,762	7,024	9.10	9.28	453.8	462.9		
K 350 x 175	350	175	7	11	14			126.28	99.2	99.2	14,554	15,128	10.75	10.95	831.7	847.5		
K 346 x 174	346	174	6	9	14			105.36	82.8	82.8	11,892	12,321	10.62	10.62	687.4	700.0		
K 400 x 200	400	200	8	13	16			168.24	132.0	132.0	25,440	26,519	12.30	12.55	1,272.0	1,298.9		
K 396 x 199	396	199	7	11	16			144.32	113.2	113.2	21,450	22,267	12.19	12.19	1,083.3	1,106.1		
K 450 x 200	450	200	9	14	18			193.52	152.0	152.0	35,370	36,851	13.52	13.52	1,572.0	1,596.7		
K 500 x 200	500	200	10	16	20			228.40	179.2	179.2	49,940	52,189	14.79	15.17	1,987.6	2,046.6		
K 600 x 200	600	200	11	17	22			268.80	212.0	212.0	79,880	83,229	17.24	17.24	2,662.7	2,724.4		
K 588 x 300	588	300	12	20	26			385.00	302.0	302.0	127,020	132,585	18.16	18.16	4,320.4	4,419.5		
K 700 x 300	700	300	13	24	28			471.00	369.7	369.7	211,900	220,791	21.21	21.65	6,051.4	6,193.3		
K 800 x 300	800	300	14	26	28			534.80	419.8	419.8	303,700	315,027	23.83	24.27	7,592.5	7,740.2		

## NOTE :

- h = H/2 = height of T-Beam.
- Tolerance, h = ± 2 mm.
- Material specification refer to Wide Flange Shape.
- Welded specification as per AWS E - 6013.
- K 700 x 300 and K 800 x 300 are made from IWF import.

HEAD OFFICE & FACTORY  
Jl. Imam Bonjol 4, Waring Doyongok,  
Sukadana, Cikarang Barat,  
Bekasi 17520, West Java, INDONESIA

Sales Department

Phone 002 : 62-21 898 38 161 - 167

Phone Fax

021 7085 3164 - 165

021 7085 3169

Fax : 02-21 8310 - 7111

62-21 8906-555 / 916 / 917

e-mail : p0101@grdsteel.com

p0102@grdsteel.com

www.grdsteel.com

## BIODATA PENULIS



### **Yhona Yuliana**

lahir di Mojokerto pada tanggal 26 Juni 1995, merupakan anak pertama dari satu bersaudara pasangan Supono dan Kusweni.

Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Blimbing Sari (2001-2007), SMPN 1 Sooko Mojokerto (2007-2010), dan SMAN 1 Sooko Mojokerto (2010-2013).

Penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya angkatan 2013 dan

terdaftar dengan NRP 311300069. Organisasi yang pernah ditekuni penulis yaitu Staf Al-hadiid sebagai koordinator Jaringan Dalam Negeri. Bagi penulis menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya merupakan suatu kesempatan yang tidak akan datang untuk kedua kalinya, sekaligus merupakan suatu kebanggaan. Penulis dapat dihubungi melalui email [yhonaliana@gmail.com](mailto:yhonaliana@gmail.com)